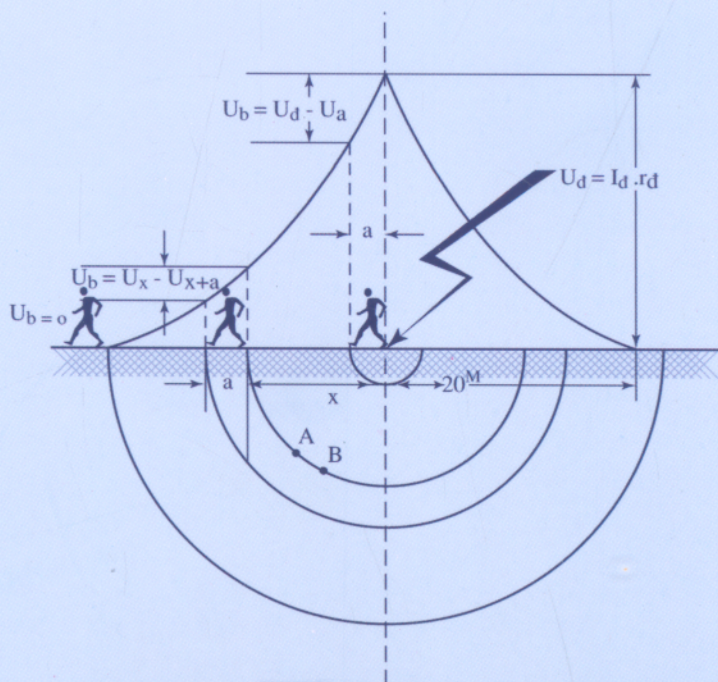
VỤ TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP - DẠY NGHỀ

GIÁO TRÌNH
AN TOÀN ĐIỆN

SÁCH DÙNG CHO CÁC TRƯỜNG ĐÀO TẠO HỆ TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP





NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

TS. NGUYỄN ĐÌNH THẮNG

GIÁO TRÌNH

AN TOÀN ĐIỆN

Sách dùng cho các trường đào tạo hệ THCN

(Tái bản lần thứ năm)

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

11 – 2007/CXB/293 – 2119/GD Mã số : 7K550T7 – DAI

Lời giới thiệu

Việc tổ chức biên soạn và xuất bản một số giáo trình phục vụ cho đào tạo các chuyên ngành Điện – Điện tử, Cơ khí – Động lực ở các trường THCN – DN là một sự cố gắng lớn của Vụ Trung học chuyên nghiệp – Dạy nghề và Nhà xuất bản Giáo dục nhằm từng bước thống nhất nội dung dạy và học ở các trường THCN trên toàn quốc.

Nội dung của giáo trình đã được xây dựng trên cơ sở kế thừa những nội dung được giảng dạy ở các trường, kết hợp với những nội dung mới nhằm đáp ứng yêu cầu nâng cao chất lượng đào tạo phục vụ sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa. Đề cương của giáo trình đã được Vụ Trung học chuyên nghiệp – Dạy nghề tham khảo ý kiến của một số trường như : Trường Cao đẳng công nghiệp Hà Nội, Trường TH Việt – Hung, Trường TH Công nghiệp II, Trường TH Công nghiệp III v.v... và đã nhận được nhiều ý kiến thiết thực, giúp cho tác giả biên soạn phù hợp hơn.

Giáo trình do các nhà giáo có nhiều kinh nghiệm giảng dạy ở các trường Đại học, Cao đẳng, THCN biên soạn. Giáo trình được biên soạn ngắn gọn, dễ hiểu, bổ sung nhiều kiến thức mới và biên soạn theo quan điểm mở, nghĩa là, đề cập những nội dung cơ bản, cốt yếu để tùy theo tính chất của các ngành nghề đào tạo mà nhà trường tự điều chỉnh cho thích hợp và không trái với quy định của chương trình khung đào tạo THCN.

Tuy các tác giả đã có nhiều cố gắng khi biên soạn, nhưng giáo trình chắc không tránh khỏi những khiếm khuyết. Vụ Trung học chuyên nghiệp – Dạy nghề đề nghị các trường sử dụng những giáo trình xuất bản lần này để bổ sung cho nguồn giáo trình đang rất thiếu hiện nay, nhằm phục vụ cho việc dạy và học của các trường đạt chất lượng cao hơn. Các giáo trình này cũng rất bổ ích đối với đội ngũ kĩ thuật viên, công nhân kĩ thuật để nâng cao kiến thức và tay nghề cho mình.

Hi vọng nhận được sự góp ý của các trường và bạn đọc để những giáo trình được biên soạn tiếp hoặc lần tái bản sau có chất lượng tốt hơn. Mọi góp ý xin gửi về NXB Giáo dục – 81 Trần Hưng Đạo – Hà Nội.

VỤ THCN – DN

Mở đầu

Giáo trình An toàn điện được biên soạn đề cương do Vụ THCN – DN, Bộ Giáo dục & Đào tạo xây dựng và thông qua. Nội dung được biên soạn theo tinh thần ngắn gọn, dễ hiểu. Các kiến thức trong toàn bộ giáo trình có mối liên hệ lôgíc chặt chẽ. Tuy vậy, giáo trình cũng chỉ là một phần trong nội dung của chuyên ngành đào tạo cho nên người dạy, người học cần tham khảo thêm các giáo trình có liên quan đối với ngành học để việc sử dụng giáo trình có hiệu quả hơn.

Khi biên soạn giáo trình, chúng tôi đã cố gắng cập nhật những kiến thức mới có liên quan đến môn học và phù hợp với đối tượng sử dụng cũng như cố gắng gắn những nội dung lí thuyết với những vấn đề thực tế thường gặp trong sản xuất, đời sống để giáo trình có tính thực tiễn cao.

Nội dung của giáo trình được biên soạn với dung lượng 40 tiết, gồm :

Khái niệm chung ; Chương 1. *Tác dụng của dòng điện đối với cơ thể con người ;* Chương 2. *Cấp cứu người bị điện giật ;* Chương 3. *Các khái niệm cơ bản về an toàn điện ;* Chương 4. *Phân tích an toàn trong mạng điện đơn giản ;* Chương 5. *Phân tích an toàn trong mạng điện ba pha ;* Chương 6. *Bảo vệ nối đất ;* Chương 7. *Bảo vệ nối dây trung tính ;* Chương 8. *Sự nguy hiểm khi điện áp cao sang điện áp thấp ;* Chương 9. *Bảo vệ chống sét ;* Chương 10. *Những vấn đề ảnh hưởng của trường điện từ tần số cao, tần số công nghiệp và đề phòng tĩnh điện ;* Chương 11. *Những phương tiện và dụng cụ cần thiết cho an toàn điện và tổ chức vận hành an toàn.*

Trong quá trình sử dụng, tùy theo yêu cầu cụ thể có thể điều chỉnh số tiết trong mỗi chương. Trong giáo trình, chúng tôi không đề ra nội dung thực tập của từng chương, vì trang thiết bị phục vụ cho thực tập của các trường không đồng nhất. Vì vậy, căn cứ vào trang thiết bị đã có của từng trường và khả năng tổ chức cho học sinh thực tập ở các xí nghiệp bên ngoài mà trường xây dựng thời lượng và nội dung thực tập cụ thể – thời lượng thực tập tối thiểu nói chung cũng không ít hơn thời lượng học lí thuyết của mỗi môn.

Giáo trình được biên soạn cho đối tượng là học sinh THCN, công nhân lành nghề bậc 3/7 và nó cũng là tài liệu tham khảo bổ ích cho sinh viên cao đẳng kĩ thuật cũng như kĩ thuật viên đang làm việc ở các cơ sở kinh tế nhiều lĩnh vực khác nhau.

Mặc dù đã cố gắng nhưng chắc chắn không tránh khỏi hết khiếm khuyết. Rất mong nhận được ý kiến đóng góp của người sử dụng để lần tái bản sau được hoàn chỉnh hơn. Mọi góp ý xin được gửi về Nhà XBGD – 81 Trần Hưng Đạo, Hà Nội.

TÁC GIẢ

KHÁI NIỆM CHUNG

Khoa học hiện nay đã phân tích tương đối đầy đủ về tác hại của dòng điện vào cơ thể con người. Dựa vào số liệu lấy ở các trường hợp tai nạn đối với con người cũng như qua thí nghiệm trên các động vật, người ta đã có khái niệm đầy đủ về tác hại sinh lí do dòng điện gây nên mà qua đó tổ chức việc vận hành hệ thống điện được an toàn. Các trường hợp chấn thương trong sản xuất nói chung thì chấn thương nặng hoặc chết người phần lớn là do bị điện giật.

Theo tài liệu khảo sát của các nước trên thế giới cho thấy rằng trong tổng số trường hợp tai nạn vì điện giật có 76,4% trường hợp chết người hoặc thương vong nặng xảy ra ở các mạng điện điện áp dưới 1000V và 23,6% xảy ra ở mạng điện có điện áp trên 1000V.

Khi phân loại nạn nhân do điện giật thấy rằng :

– Những nạn nhân làm việc trong ngành điện bị điện giật : 42,2%.

– Những nạn nhân không có chuyên môn về điện bị tai nạn điện giật : 57,8%.

Phân loại theo nguyên nhân bị điện giật :

1. Chạm trực tiếp vào dây dẫn điện hay các phần có điện chạy qua : 55,9% trong đó :

– Chạm vào dây dẫn điện không phải do công việc yêu cầu phải tiếp xúc với dây dẫn điện : 30,6%

– Chạm vào dây dẫn điện do yêu cầu công việc phải tiếp xúc với dây dẫn điện : 1,7%.

– Đóng nhầm điện lúc đang tiến hành sửa chữa kiểm tra : 23,6%.

2. Chạm vào bộ phận bằng kim loại của thiết bị có mang điện áp : 22,8% trong đó :

– Lúc không có nối đất : 22,2%.

– Lúc có nối đất : 0,6%.

3. Chạm phải vật không phải bằng kim loại có mang điện áp (tường, các vật cách điện, nền nhà...) : 20,1%.

4. Bị chấn thương do hồ quang lúc thao tác thiết bị : 1,12%.

5. Bị chấn thương do cường độ điện trường cao ở trong môi trường hay trạm biến áp siêu cao áp : 0,08%.

Phần lớn các trường hợp bị chấn thương về điện là do chạm phải vật dẫn điện hoặc vật có điện áp xuất hiện bất ngờ và thường xảy ra đối với người không có chuyên môn.

Nguyên nhân chính của tai nạn về điện là do trình độ quản lí chuyên môn chưa tốt, do vi phạm quy trình kĩ thuật an toàn, như đóng điện lúc có người đang sửa chữa, thao tác vận hành thiết bị điện không đúng quy trình.

Chấn thương do dòng điện gây nên thường xảy ra ở các mạng điện 380/220V, 220/127V. Ở các mạng điện này những cán bộ kĩ thuật, quản đốc phân xưởng thường không đánh giá đúng mức độ nguy hiểm của chúng. Do đó chưa tổ chức tốt cho những người không có chuyên môn về điện học tập nội quy an toàn một cách chu đáo để đề ra các biện pháp ngăn ngừa tai nạn tích cực. Trong toàn bộ giáo trình chúng ta sẽ nghiên cứu các bảo vệ chính : bảo vệ nối đất, bảo vệ nối dây không (dây trung tính), các phương tiện, dụng cụ bảo vệ trang bị nơi sản xuất cho cá nhân, cách tổ chức vận hành an toàn.

CHƯƠNG 1

TÁC DỤNG CỦA DÒNG ĐIỆN ĐỐI VỚI CƠ THỂ CON NGƯỜI

Thực tế cho thấy khi chạm vào vật có điện áp, người có bị tai nạn hay không phụ thuộc vào độ lớn dòng điện đi qua thân người.

Dòng điện đi qua cơ thể người gây nên phản ứng sinh lí phức tạp như làm huỷ hoại bộ phận thần kinh điều khiển các giác quan bên trong của con người, làm tê liệt cơ thịt, sưng màng phổi, huỷ hoại cơ quan hô hấp và tuần hoàn máu. Tác dụng của dòng điện còn tăng lên đối với những người hay uống rượu. Nghiên cứu tác hại của dòng điện đối với cơ thể người là một quá trình lâu dài và phức tạp. Nhưng cho đến nay vẫn chưa có một lí thuyết nào có thể giải thích một cách hoàn chỉnh về tác dụng của dòng điện vào cơ thể con người.

Một trong những yếu tố chính gây tai nạn cho con người là trị số dòng điện (dòng điện này phụ thuộc vào điện áp mà người chạm phải) và đường đi của dòng điện qua cơ thể con người vào đất.

Sự tổn thương có thể chia ra làm ba loại như sau :

1. Tổn thương do chạm phải vật dẫn có mang điện áp.

2. Tổn thương do chạm phải những bộ phận bằng kim loại hay vỏ thiết bị có mang điện áp vì bị hỏng cách điện.

3. Tổn thương do điện áp bước xuất hiện ở chỗ bị hư hỏng cách điện hay chỗ dòng điện đi vào đất.

Dòng điện có thể tác động vào cơ thể người qua một mạch điện kín hay bằng tác động bên ngoài như phóng điện hồ quang. Tính chất tác hại của dòng điện gây nên và hậu quả của nó phụ thuộc vào độ lớn và loại dòng điện, điện trở của người, đường đi của dòng điện qua cơ thể người, thời gian tác dụng và tình trạng sức khoẻ của người.

Đến nay vẫn còn có nhiều ý kiến khác nhau về trị số dòng điện có thể gây nguy hiểm chết người.

Trường hợp chung thì dòng điện có thể làm chết người có trị số khoảng 100mA. Tuy vậy có trường hợp trị số dòng điện chỉ khoảng 5 ÷ 10mA đã làm chết người vì còn phụ thuộc điều kiện nơi xảy ra tai nạn và trạng thái sức khoẻ của nạn nhân.

Chúng ta cũng cần chú ý đến yếu tố thời gian tác dụng của dòng điện. Thời gian tác dụng càng lâu càng nguy hiểm cho nạn nhân.

Nguyên nhân chết người do dòng điện phần lớn là làm huỷ hoại bản năng làm việc của các cơ quan của người – làm ngừng thở hay do sự thay đổi những hiện tượng sinh hoá trong cơ thể người. Nguy hiểm chết người cũng có thể do bị bỏng trầm trọng.

Giải thích quá trình tổn thương do dòng điện có nhiều thuyết khác nhau. Người ta cho rằng khi dòng điện đi qua cơ thể người trong một thời gian sẽ xuất hiện hiện tượng phân tích máu và phân tích các chất nước khác để tẩm ướt các tổ chức huyết cầu và làm đầy huyết quản. Và như thế các quá trình phân cực sẽ xảy ra trong cơ thể người làm ảnh hưởng đến hoạt động thần kinh. Đấy là nguyên nhân của tổn thương.

Một số nhà sinh lí học và bác sĩ cho rằng nguyên nhân của một số tai nạn chết người vì dòng điện là làm sự co bóp của tim bị rối loạn, đưa đến đình trệ lưu thông máu trong cơ thể người.

Theo quan điểm mới nhất của các nhà khoa học Liên Xô (cũ), giải thích nguyên nhân do dòng điện gây nên là hiện tượng phản xạ do quá trình kích thích và đình trệ hoạt động của não lúc bị dòng điện tác dụng đột ngột. Theo giả thuyết này, sự huỷ hoại chức năng làm việc của cơ quan hô hấp là do những kết quả trên.

Mức độ kích thích hệ thống thần kinh và khả năng chịu đựng của nó có ảnh hưởng quyết định đến nguồn gốc tổn thương. Thêm vào đó đối với từng người mức độ tác dụng của dòng điện khác nhau, cũng như sự tác dụng vào một người cũng mỗi lúc một khác và phụ thuộc vào sức khoẻ của người lúc bị tai nạn. Chính dựa trên lí luận này có thể giải thích tại sao với đại lượng dòng điện bé cũng có thể làm chết người.

1.1. ĐIỆN TRỞ CỦA CƠ THỂ NGƯỜI

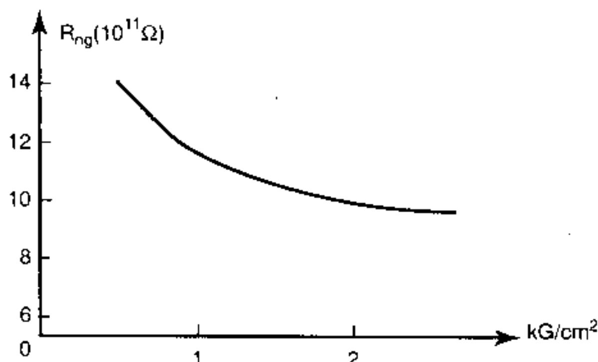
Thân thể người gồm da, thịt, xương, thần kinh, máu... tạo thành. Lớp da có điện trở lớn nhất mà điện trở của da lại do điện trở của lớp sừng trên da quyết định. Điện trở của người là một đại lượng rất không ổn định và không

chỉ phụ thuộc vào trạng thái sức khoẻ của cơ thể từng lúc mà còn phụ thuộc vào môi trường xung quanh, điều kiện tổn thương... Thực tế điện trở này thường hạ thấp nhất là lúc da bị ẩm, khi thời gian tác dụng của dòng điện tăng lên hoặc khi tăng điện áp. Điện trở của người có thể thay đổi từ 600 Ω đến vài chục kΩ.

Thí nghiệm cho thấy giữa dòng điện đi qua người và điện áp đặt vào người có sự lệch pha. Như vậy điện trở người là một đại lượng không thuần nhất.

Điện trở người luôn thay đổi trong một giới hạn rất lớn. Khi da ẩm hay do tiếp xúc trực tiếp với nước bên ngoài hoặc do mồ hôi thoát ra đều làm điện trở giảm xuống.

Mặt khác nếu da người bị ấn mạnh vào các cực điện, điện trở da cũng giảm đi. Với điện áp thấp (50 ÷ 60V) có thể xem điện trở da tỉ lệ nghịch với diện tích tiếp xúc. Mức độ tiếp xúc hay áp lực các đầu tiếp xúc của các cực điện vào da người làm điện trở thay đổi theo. Sự thay đổi này rất dễ nhìn thấy trong vùng áp lực nhỏ hơn 1 kG/cm^2 (hình 1–1).



Hình 1–1.
Sự phụ thuộc của điện trở người vào áp lực tiếp xúc

Khi có dòng điện đi qua người, điện trở thân người giảm đi. Điều này có thể giải thích là lúc dòng điện đi vào thân người, da bị đốt nóng, mồ hôi thoát ra và làm điện trở giảm xuống. Thí nghiệm cho thấy :

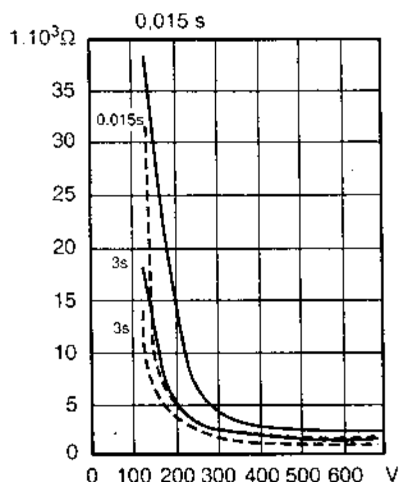
Với dòng điện 0,1mA điện trở người R_{ng} = 500.000 Ω.

Với dòng điện 10mA điện trở người R_{ng} = 8.000 Ω.

Điện trở người giảm tỉ lệ với thời gian tác dụng của dòng điện. Điều này có thể giải thích vì da bị đốt nóng và có sự thay đổi về điện phân.

Điện áp đặt vào người rất ảnh hưởng đến điện trở của người vì ngoài hiện tượng điện phân nói trên còn có "hiện tượng chọc thủng". Với lớp da mỏng hiện tượng chọc thủng có thể xuất hiện ở điện áp 10–30V. Nhưng nói chung ảnh hưởng của điện áp thể hiện rõ rệt nhất là ứng với điện áp từ 250V trở lên :

lúc này điện trở người có thể xem như tương đương với lúc người bị bóc hết lớp da ngoài. Hình 1–2 vẽ quan hệ của điện trở người với điện áp đặt vào.

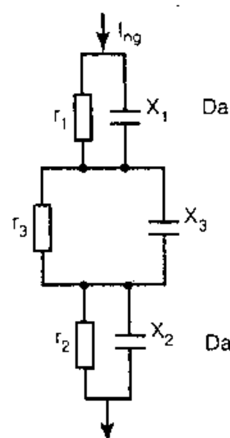


Hình 1–2.

Sự phụ thuộc điện trở người vào điện áp ứng với các thời gian tiếp xúc khác nhau (0,015s và 3s). Đo điện trở của thây người chết.

———— Đường đi của dòng điện tay - tay.

- - - - - - Đường đi của dòng điện tay - chân.



Hình 1–3

Điện trở toàn thân người có thể biểu diễn bằng sơ đồ thay thế ở hình 1–3. Trong tính toán có thể bỏ qua điện dung của người vì điện dung này rất bé.

Sơ đồ thay thế của điện trở người :

– r_1, x_1 – điện trở tác dụng và điện trở phản kháng của da phía dòng điện đi vào.

– r_2, x_2 – điện trở tác dụng và điện trở phản kháng của da phía dòng điện đi ra.

– r_3, x_3 – điện trở tác dụng và điện trở phản kháng của các cơ quan bên trong của thân người.

1.2. ẢNH HƯỞNG CỦA TRỊ SỐ DÒNG ĐIỆN GIẬT

Dòng điện là nhân tố vật lí trực tiếp gây ra tổn thương khi bị điện giật. Điện trở của thân người, điện áp đặt vào thân người chỉ là để biến đổi trị số dòng điện nói trên mà thôi.

Với một trị số dòng điện nhất định thì sự tác dụng của nó vào cơ thể người hầu như không thay đổi. Bảng 1–1 cho chúng ta thấy sự tác dụng của dòng điện phụ thuộc vào trị số của nó. Những trị số về điện áp, dòng điện có thể gây nguy hiểm cho người như chúng ta phân tích ở trên đều rút ra từ các tai nạn ở thực tế với phương pháp đo lường tinh vi và chính xác. Như chúng ta đã nói ở trên, khi phân tích về tai nạn do điện giật không nên nhìn đơn thuần theo trị số dòng điện mà phải xét đến môi trường, hoàn cảnh xảy ra tai nạn và phản xạ của cơ thể nạn nhân. Từ sự phân tích toàn diện nói trên chúng ta mới có thể giải thích được nhiều trường hợp điện áp bé, dòng điện có trị số không lớn hơn trị số dòng điện gây choáng bao nhiêu đã có thể làm chết người. Nhà nghiên cứu của Liên Xô (cũ) Manilop trong khi nghiên cứu các hiện tượng sinh lí học về điện giật đã dùng các phương pháp đo lường đặc biệt và thận trọng chứng minh rằng khi có dòng điện chỉ vào khoảng 5 ÷ 10mA đã làm chết người. Chính vì vậy hiện nay với dòng điện xoay chiều tần số 50 ÷ 60Hz trị số dòng điện an toàn lấy bằng 10mA. Tương ứng với trên ở dòng điện một chiều trị số này bằng 50mA.

Bảng 1–1

Trị số dòng điện (mA)	Tác dụng dòng điện xoay chiều 50 ÷ 60Hz	Tác dụng của dòng điện một chiều
0,6 ÷ 1,5	Bắt đầu thấy ngón tay tê	Không có cảm giác gì
2 ÷ 3	Ngón tay tê rất mạnh	Không có cảm giác gì
3 ÷ 7	Bắp thịt co lại và rung	Đau như kim châm cảm thấy nóng
8 ÷ 10	Tay đã khó rời khỏi vật có điện nhưng vẫn rời được. Ngón tay, khớp tay, lòng bàn tay cảm thấy đau	Nóng tăng lên
20 ÷ 25	Tay không rời khỏi vật có điện, đau, khó thở	Nóng càng tăng lên, thịt co quắp lại nhưng chưa mạnh
50 ÷ 80	Cơ quan hô hấp bị tê liệt. Tim bắt đầu đập mạnh	Cảm giác nóng mạnh. Bắp thịt ở tay co rút, khó thở
90 ÷ 100	Cơ quan hô hấp bị tê liệt. Kéo dài 3 giây hoặc dài hơn tim bị tê liệt đến ngừng đập	Cơ quan hô hấp bị tê liệt

1.3. ẢNH HƯỞNG CỦA THỜI GIAN ĐIỆN GIẬT

Yếu tố thời gian tác động của dòng điện vào cơ thể người rất quan trọng và biểu hiện dưới nhiều hình thái khác nhau. Đầu tiên chúng ta thấy thời gian tác dụng của dòng điện ảnh hưởng đến điện trở của người. Thời gian tác dụng càng lâu, điện trở người càng bị giảm xuống vì lớp da bị nóng dần và lớp sừng trên da bị chọc thủng càng nhiều. Như vậy tác hại của dòng điện đối với cơ thể người càng tăng lên.

Khi dòng điện tác động trong thời gian ngắn thì tính chất nguy hiểm phụ thuộc vào nhịp đập của tim. Mỗi chu kì co dãn của tim kéo dài độ một giây. Trong chu kì có khoảng 0,4 giây tim nghỉ làm việc (giữa trạng thái co và dãn) và ở thời điểm này tim rất nhạy cảm với dòng điện đi qua nó. Nếu thời gian dòng điện đi qua người lớn hơn một giây thì thế nào cũng trùng với thời điểm nói trên của tim. Thí nghiệm cho thấy rằng dù dòng điện lớn (gần bằng 10A) đi qua người mà không gặp thời điểm nghỉ của tim thì cũng không nguy hiểm gì.

Căn cứ những lí luận trên chúng ta có thể giải thích tại sao ở các mạng điện cao áp như 110kV, 35kV, 10kV, 6kV ... tai nạn do điện gây ra ít dẫn đến trường hợp tim ngừng đập hay ngừng hô hấp. Với điện áp cao dòng điện xuất hiện trước khi người chạm vào vật mang điện. Nạn nhân chưa kịp chạm vào vật mang điện thì hồ quang đã phát sinh và dòng điện đi qua người rất lớn (có thể đến vài A). Dòng điện này tác động rất mạnh vào người và gây cho cơ thể người một sự phản xạ phòng thủ rất mãnh liệt. Kết quả là hồ quang bị dập tắt ngay (hoặc chuyển sang bộ phận mang điện bên cạnh), dòng điện chỉ tồn tại trong thời gian khoảng vài phần của giây. Với thời gian ngắn như vậy rất ít khi làm tim ngừng đập hay hô hấp bị tê liệt. Ở chỗ bị đốt sẽ sinh ra một lớp hữu cơ cách điện của thân người và chính lớp này ngăn cách dòng điện đi qua người một cách hiệu quả.

Tuy nhiên không nên kết luận điện áp cao không nguy hiểm vì dòng điện lớn này qua cơ thể người trong thời gian ngắn nhưng cũng có thể đốt cháy nghiêm trọng hay làm chết người .

1.4. ĐƯỜNG ĐI CỦA DÒNG ĐIỆN GIẬT

Phần lớn các nhà nghiên cứu đều cho rằng đường đi của dòng điện giật qua cơ thể người có tầm quan trọng lớn. Điều chủ yếu là có bao nhiêu phần trăm của dòng điện tổng qua cơ quan hô hấp và tim.

Có rất nhiều lí thuyết giải thích các quá trình sinh lí xảy ra trong cơ thể lúc dòng điện đi qua nhưng cho đến nay chưa có thuyết nào giải thích các hiện tượng trên một cách hoàn chỉnh.

Các nhà bác học Liên Xô (cũ) đã thí nghiệm nhiều lần và ghi được các kết quả sau :

– Dòng điện đi từ tay sang tay sẽ có 3,3% của dòng điện tổng đi qua tim.

– Dòng điện đi từ tay phải sang chân sẽ có 6,7% dòng điện tổng đi qua tim.

– Dòng điện đi từ chân sang chân sẽ có 0,4% dòng điện tổng đi qua tim.

Chúng ta có các kết luận sau :

a) Đường đi của dòng điện có ý nghĩa quan trọng vì lượng dòng điện qua tim hay qua cơ quan hô hấp phụ thuộc vào cách tiếp xúc của người với mạch điện

b) Dòng điện phân bố tương đối đều trên các cơ lồng ngực.

c) Dòng điện đi từ tay phải đến chân với phân lượng qua tim nhiều nhất vì phần lớn dòng điện qua tim theo trục dọc mà trục này nằm trên đường từ tay phải đến chân. Người ta đã dùng chó để làm thí nghiệm. Cho dòng điện đi từ chân này sang chân kia của con chó với điện áp đặt vào là 960V trong thời gian 12 giây. Kết quả là không có con chó nào bị chết. Có trường hợp tăng điện áp lên đến 6000V vẫn không làm cho chó bị chết. Cũng làm như trên với loài thỏ và thỏ cũng chịu đựng được điện áp 180 ÷ 400V trong 0,5 ÷ 12,5 giây. Nhưng từ các số liệu trên không nên nghĩ rằng dòng điện đi từ chân đến chân (điện áp bước) không nguy hiểm vì khi chúng ta bị điện áp bước, các bắp thịt, các cơ của chân sẽ co rút lại làm chúng ta ngã xuống và lúc đó sơ đồ nối điện sẽ khác đi.

1.5. ẢNH HƯỞNG CỦA TẦN SỐ DÒNG ĐIỆN GIẬT

Tổng trở của cơ thể người giảm xuống lúc tần số tăng lên. Điều này dễ hiểu vì điện kháng của da người do điện dung tạo nên : $x = \frac{1}{2\pi fC}$ sẽ giảm xuống lúc tần số tăng. Nhưng trong thực tế kết quả sẽ không như vậy, nghĩa là khi tăng tần số lên càng cao mức độ nguy hiểm càng giảm đi.

Viện nghiên cứu về bệnh nghề nghiệp ở Leningrat cũ dùng chó thí nghiệm và thu được kết quả sau (bảng 1–2) :

Bảng 1–2

Số TT	Tần số dòng điện (Hz)	Điện áp (V)	Số chó thí nghiệm (con)	Xác suất chết (%)
1	50	117 ÷ 120	15	100
2	100	117 ÷ 120	21	45
3	125	100 ÷ 121	10	20
4	150	120 ÷ 125	10	0

Muốn giải thích các hiện tượng này phải tìm ảnh hưởng của các loại tần số dòng điện đến các tế bào hữu cơ, trước tiên là các tế bào quan trọng liên quan đến tim và cơ quan hô hấp.

Các giải thích dưới đây đều chưa chặt chẽ về mặt khoa học nhưng cũng giúp chúng ta hiểu gần đúng các hiện tượng nói trên. Lúc đặt nguồn điện một chiều vào tế bào, các phần tử trong tế bào bị phân thành những ion khác dấu và bị hút ra ngoài màng tế bào. Như vậy phân tử bị cực hoá và kéo dài thành ngẫu cực. Các chức năng sinh vật – hoá học của tế bào bị phá hoại đến mức độ nhất định. Bây giờ nếu đặt nguồn xoay chiều vào thì ion cũng chạy theo hai chiều khác nhau ra phía ngoài màng của tế bào. Nhưng lúc dòng điện đổi chiều thì chuyển động của ion cũng ngược lại. Với một tần số nào đó của dòng điện, tốc độ của ion đủ để cứ trong một chu kì chạy được hai lần bề rộng của tế bào thì trường hợp này ứng với mức độ kích thích nhiều nhất, chức năng sinh vật – hoá học của tế bào bị phá hoại nhiều nhất. Nếu dòng điện có tần số cao thì khi dòng điện đổi chiều ion không kịp đập vào màng tế bào. Tần số càng tăng lên, đường đi của ion càng ngắn và mức độ kích thích tế bào càng ít. Lúc tần số rất cao thì điện trường không ảnh hưởng đến chuyển động của ion, tế bào không bị kích thích nhiều. Chúng ta chưa khẳng định được với loại tần số nào nguy hiểm nhất và loại tần số nào ít nguy hiểm nhất.

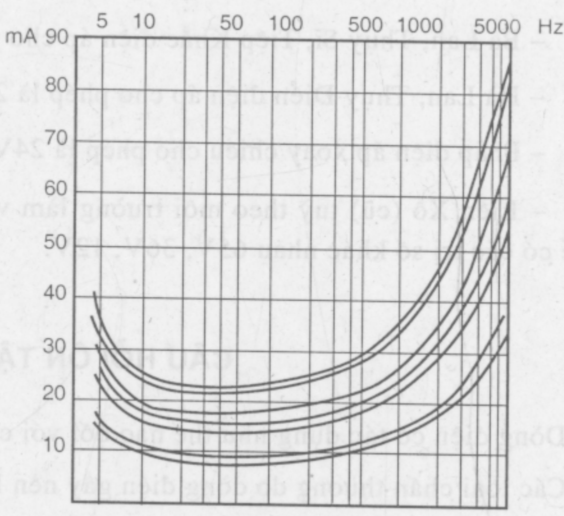
Người ta dùng chó để thí nghiệm với tần số từ 50 ÷ 150Hz và thu được kết quả rất tốt (bảng 1–2).

Đối với người thì các nhà nghiên cứu cho rằng tần số 50 ÷ 60Hz nguy hiểm nhất. Khi trị số tần số lớn hơn hoặc bé hơn các trị số nói trên mức độ nguy hiểm sẽ giảm xuống.

Qua nhiều lần quan sát và dựa vào kinh nghiệm người ta vẽ được quan hệ giữa dòng điện giật và tần số (hình 1–4).

Trong thực tế sản xuất với các loại máy phát tần số 3000Hz, 10.000Hz hay lớn hơn có công suất 10 kW không bao giờ xảy ra hiện tượng điện giật

chết người. Nhưng với các loại thiết bị công suất lớn (thiết bị sấy, đèn đốt điện tử), điện áp 6, 10kV với tần số 500.000Hz vẫn làm chết người.



Hình 1–4.
Quan hệ giữa dòng điện giật và tần số

Khi nghiên cứu tác hại của dòng điện một chiều đối với người thấy rằng ở trường hợp một chiều điện trở của người lớn hơn ở xoay chiều. *Điều này có thể giải thích là ở một chiều không có điện dung và sự phân cực tăng lên*. Người ta nghiên cứu thấy rằng khi dòng điện một chiều lớn hơn 80mA mới ảnh hưởng đến tim và cơ quan hô hấp của con người.

1.6. ĐIỆN ÁP CHO PHÉP

Dự đoán trị số dòng điện qua người trong nhiều trường hợp không làm được. Phần trên đã xét điện trở người là một hàm số có nhiều biến số mà mỗi biến số này lại phụ thuộc vào các hoàn cảnh khác nhau. Vì vậy xác định giới hạn an toàn cho người không dựa vào "dòng điện an toàn" mà phải theo "điện áp cho phép". Dùng khái niệm điện áp cho phép rất thuận lợi vì với mỗi mạng điện có một điện áp tương đối ổn định.

Khi nói đến tiêu chuẩn của điện áp cho phép chúng ta phải nhớ rằng hiện nay về phương diện kĩ thuật phân biệt điện áp cao và điện áp thấp nhưng điện áp thấp ở đây không có nghĩa là an toàn đối với người.

Theo cách phân biệt trên, thiết bị điện áp thấp tức là thiết bị mà bất cứ dây nào của hệ thống này đối với đất đều có điện áp bé hơn 250V. Thực tế cho thấy điện áp của máy hàn bé hơn 65V nhưng vẫn có hiện tượng chết người vì điện giật.

Đối với điện áp 40V không thấy xảy ra hiện tượng chết người. Tuy nhiên trong những nơi làm việc đặc biệt nguy hiểm có khi xảy ra tai nạn ở thiết bị điện áp 12V.

Tiêu chuẩn của điện áp cho phép ở mỗi nước một khác.

– Ba Lan, Thụy Sĩ, Tiệp Khắc điện áp cho phép là 50V.

– Hà Lan, Thụy Điển điện áp cho phép là 24V.

– Pháp điện áp xoay chiều cho phép là 24V.

– Liên Xô (cũ) tuỳ theo môi trường làm việc trị số điện áp cho phép có thể có các trị số khác nhau 65V, 36V, 12V.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Dòng điện có tác dụng như thế nào đối với cơ thể con người ?
2. Các loại chấn thương do dòng điện gây nên là gì ?
3. Trị số dòng điện, thời gian, đường đi và tần số của dòng điện giật đối với cơ thể con người có ảnh hưởng như thế nào ?
4. Trình bày quy định về điện áp cho phép đối với cơ thể con người ?

CHƯƠNG 2

CẤP CỨU NGƯỜI BỊ ĐIỆN GIẬT

Nguyên nhân chính làm chết người vì điện giật là do hiện tượng kích thích chứ không phải do bị chấn thương.

Mỗi một người làm nghề điện đều phải biết cách cấp cứu người bị điện giật. Kĩ thuật cắt nguồn điện lúc có người bị điện giật cũng như phương pháp cứu chữa đều có ghi trong quy trình an toàn. Dưới đây chỉ trình bày những nguyên tắc cơ bản.

Người bị điện giật sau khi được cắt khỏi nguồn điện nếu chỉ bị ngất thôi thì chỉ cần mở cửa sổ cho thoáng, nới áo quần và cho ngửi amoniac.

Nếu nạn nhân ngừng thở và tim ngừng đập phải tìm mọi cách cho hô hấp và tim đập trở lại.

Nhiều cuộc thí nghiệm và thực tế chứng minh rằng từ lúc bị điện giật đến một phút nạn nhân được cứu chữa ngay thì 90% trường hợp cứu sống được, để sáu phút sau mới cấp cứu chỉ có thể cứu sống 10%, nếu để từ 10 phút trở đi mới cấp cứu thì rất ít trường hợp được cứu sống.

Trước kia người ta dùng những phương pháp không đúng để cứu người bị sét đánh, điện giật như :

– Lay nạn nhân thật mạnh rồi ném xuống đất.

– Cởi hết quần áo đem chôn đứng dưới đất ngang cổ.

Hiện nay thường dùng ba phương pháp hô hấp nhân tạo sau đây : phương pháp nằm sấp, phương pháp nằm ngửa, phương pháp thổi ngạt (hà hơi thổi ngạt).

Trước khi làm hô hấp phải chuẩn bị các việc sau đây :

– Nhanh chóng cởi áo, nới thắt lưng để khỏi cản trở hô hấp.

– Dùng vật cứng nạy miệng nạn nhân. Lấy các vật trong miệng ra, kéo lưỡi vì lưỡi thường bị tụt sâu bên trong sau khi bị điện giật.

2.1. PHƯƠNG PHÁP NẰM SẤP

Đặt người bị nạn nằm sấp, một tay đặt dưới đầu (hình 2–1). Đặt đầu nghiêng và tay còn lại để duỗi thẳng. Người cứu chữa quỳ trên lưng và hai tay cứ bóp theo hơi thở của mình, ấn vào hoành cách mô theo hướng tim.



Hình 2–1. Cấp cứu theo phương pháp nằm sấp
a) thở ra ; b) thở vào

Khi tim đập được thì hô hấp cũng sẽ dần dần hồi phục được.

Nhược điểm của phương pháp này là khối lượng không khí vào trong phổi ít.

Ưu điểm của phương pháp nằm sấp là với vị trí đặt nạn nhân như trên, các chất dịch vị và nước miếng không theo đường khí quản vào bên trong và cản trở sự hô hấp.

2.2. PHƯƠNG PHÁP NẰM NGỬA

Nếu người cấp cứu có thêm người giúp việc thì đặt nạn nhân nằm ngửa (hình 2–2).

Dưới lưng đặt thêm áo quần cho đầu ngửa ra sau và lồng ngực được rộng rãi thoải mái. Người cấp cứu chính quỳ ở đằng đầu cầm hai tay nạn nhân kéo lên thả xuống theo nhịp thở của mình. Người giúp việc thì kéo lưỡi. Nếu có hai người giúp việc thì công việc kéo hai tay lên xuống do hai người làm, còn người ở phía đầu chỉ kéo lưỡi. Phương pháp này có nhược điểm là nạn nhân nằm ngửa nên dịch vị dễ chạy lên cuống họng làm cản trở hô hấp. Khi thấy có hiện tượng tốt (mí mắt rung rinh, môi rung) thì lập tức nghỉ hô hấp nhân tạo vài giây để cho nạn nhân tự hô hấp. Lúc nạn nhân đã tự thở được phải bọc cho họ thật ấm và không cho cử động vì tim lúc ấy hãy còn yếu có thể nạn nhân bị ngất lại.





Hình 2–2. Cấp cứu theo phương pháp nằm ngửa :
a) thở ra ; b) thở vào





Hình 2–3. Cấp cứu theo phương pháp nằm ngửa có hai người trợ giúp :
a) thở ra ; b) thở vào

2.3. PHƯƠNG PHÁP THỔI NGẠT (HÀ HƠI THỔI NGẠT)

Trong cấp cứu nạn nhân bị ngừng thở hay ngất, trước kia ta thường làm theo hai phương pháp nói trên (phương pháp nằm sấp và phương pháp nằm ngửa).

Các phương pháp này hiệu lực kém vì chỉ đem rất ít lượng không khí vào phổi. Ngoài ra còn có khó khăn nếu có thêm các phần thương tổn khác như nạn nhân bị gẫy xương sườn, gãy cột sống... vì các động tác này quá mạnh. Tuy vậy đối với trường hợp bị thương ở hàm mặt các phương pháp trên vẫn có tác dụng. Những năm gần đây ở trên thế giới, phương pháp hô hấp nhân tạo được thay thế bằng phương pháp thổi ngạt. Cứu chữa theo phương pháp này lượng không khí vào phổi nhiều hơn hai phương pháp trên từ 6 đến 15 lần.

Cách thực hiện

1. Trước một nạn nhân ngừng thở hay thoi thóp việc trước tiên là phải thổi ngạt ngay.

Đặt nạn nhân nằm ngửa, người cấp cứu quỳ bên cạnh sát ngang vai, nhìn mắt nạn nhân. Một tay nặng gáy, một tay nâng cằm, ngửa hẳn đầu nạn nhân ra

phía trước để cho cuống lưỡi không bịt kín đường hô hấp (hình 2–4). Cũng có khi chỉ dùng động tác này nạn nhân đã bắt đầu thở được.

Nếu nạn nhân chưa thở được, người cấp cứu vẫn để đầu nạn nhân ở tư thế trên, một tay mở miệng, một tay luồn một ngón có vải sạch, kiểm tra trong họng nạn nhân, lau hết đờm rãi, chất nôn và moi hết hàm răng giả, răng gãy... đang làm vướng cổ họng. Đặt một miếng gạc mỏng che kín miệng nạn nhân.



Hình 2–4. Cấp cứu theo phương pháp thổi ngạt

Người cấp cứu hít thật mạnh, một tay vẫn mở miệng, một tay bóp hai bên bịt kín mũi nạn nhân, áp kín miệng mình vào miệng nạn nhân rồi thổi mạnh (đối với trẻ em thổi nhẹ hơn một chút).

Ngực nạn nhân phồng lên, người cấp cứu ngẩng đầu lên hít hơi thứ hai, khi đó nạn nhân sẽ tự thở ra được do sức đàn hồi của lồng ngực.

Tiếp tục như thế với nhịp độ khoảng 10 lần 1 phút, liên tục cho đến khi nạn nhân hồi tỉnh : hơi thở trở lại, môi mắt hồng hào, hoặc cho đến khi nạn nhân có dấu hiệu đã chết hẳn biểu hiện bằng đồng tử trong mắt dãn to (thường là 1 ÷ 2 giờ sau).

2. Thổi ngạt kết hợp với ấn tim ngoài lồng ngực

Nếu gặp nạn nhân mê man, không nhúc nhích, tím tái, ngừng thở, không nghe thấy tim đập phải lập tức ấn tim ngoài lồng ngực kết hợp với thổi ngạt.

Một người tiến hành thổi ngạt như trên.





Hình 2–5. Cấp cứu theo phương pháp ấn tim ngoài lồng ngực

Người thứ hai làm việc ấn tim :

Hai bàn tay chồng lên nhau, đè vào 1/3 dưới xương ức. ấn mạnh bằng cả sức cơ thể, tì xuống vùng xương ức (không tì sang phía xương sườn để phòng nạn nhân có thể bị gãy xương) (hình 2–5).

Sau mỗi lần ấn xuống, lại nới nhẹ tay để lồng ngực trở lại như cũ.

Nhịp độ phối hợp giữa hai người như sau : cứ ấn tim 5 đến 6 lần lại phối hợp thổi ngạt 1 lần, tức là ấn 50 đến 60 lần trong 1 phút.

Thổi ngạt kết hợp với ấn tim là phương pháp hiệu quả nhất nhưng cần chú ý là khi nạn nhân bị tổn thương cột sống không nên làm động tác ấn tim.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Khi gặp người bị điện giật cần phải làm gì ?

2. Trình bày các phương pháp cấp cứu người bị điện giật ?

CHƯƠNG 3

CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ AN TOÀN ĐIỆN

Các khái niệm cơ bản về an toàn điện xuất phát từ sự phân tích các hiện tượng do dòng điện chạm đất gây nên. Vì thế bước đầu tiên chúng ta cần phân tích các hiện tượng nói trên.

3.1. HIỆN TƯỢNG DÒNG ĐIỆN ĐI TRONG ĐẤT

Khi cách điện của thiết bị điện bị chọc thủng sẽ có dòng điện chạm đất, dòng điện này đi vào đất trực tiếp hay qua một cấu trúc nào đấy. Về phương diện an toàn mà nói, dòng điện chạm đất làm thay đổi cơ bản trạng thái của mạng điện (điện áp giữa dây dẫn và đất thay đổi, xuất hiện các thế hiệu khác nhau giữa các điểm trên mặt đất gần chỗ chạm đất). Dòng điện đi vào đất sẽ tạo nên ở điểm chạm đất một vùng dòng điện rò trong đất và điện áp trong vùng này phân bố theo một định luật nhất định. Để đơn giản việc nghiên cứu hiện tượng này giả thiết dòng điện chạm đất đi vào đất qua một cực kim loại hình bán cầu. Đất có tính chất thuần nhất và có điện trở suất ρ tính bằng Ω.cm. Như thế có thể xem như dòng điện tản đi từ tâm hình bán cầu toả ra theo đường bán kính.

Trên cơ sở lí thuyết tương tự, chúng ta có thể xem trường của dòng điện đi trong đất giống dạng trường trong tĩnh điện, nghĩa là tập hợp của những đường sức và đường đẳng thế của chúng giống nhau.

Đại lượng cơ bản trong điện trường của môi trường dẫn điện là mật độ dòng điện j. Véc tơ này hướng theo hướng của véc tơ cường độ điện trường E.

Phương trình để khảo sát điện trường trong đất là phương trình theo định luật ôm dưới dạng vi phân :

$$j = \gamma E \quad (3-1)$$

hay $$E = \rho j$$

ở đây : γ – điện dẫn suất của đất ;

ρ – điện trở suất của đất ;

E – điện áp trên một đơn vị chiều dài dọc theo đường đi của dòng điện (cường độ điện trường trong đất).

Mật độ của dòng điện tại điểm cách tâm bán cầu là x bằng :

$$j = \frac{I_đ}{2\pi x^2} \quad (3-2)$$

ở đây : $I_đ$ – dòng điện chạm đất.

Điện áp trên một đoạn vô cùng bé dx dọc trên đường đi của dòng điện :

$$du = Edx = j\rho dx = \frac{I_đ}{2\pi x^2}\rho dx \quad (3-3)$$

Điện áp một điểm A nào đấy cũng là hiệu số điện áp giữa điểm A và điểm vô cùng xa (điện áp của điểm vô cùng xa có thể xem như bằng không) bằng :

$$\varphi_A = U_A = \frac{I_đ\rho}{2\pi x_A} \quad (3-4)$$

Nếu dịch chuyển điểm A đến gần mặt của vật nối đất chúng ta có điện áp cao nhất đối với đất :

$$U_đ = \frac{I_đ\rho}{2\pi x_đ} \quad (3-5)$$

ở đây : $x_đ$ – bán kính của vật nối đất hình bán cầu (bản thân cái nối đất xem như vật mà các điểm của nó có điện áp như nhau). Giả thiết này dựa trên cơ sở vật nối đất có điện dẫn rất lớn (ví dụ : điện dẫn của thép gần bằng 10^9 lần điện dẫn của đất).

Đem chia (3–4) cho (3–5), ta có :

$$\frac{U_A}{U_đ} = \frac{x_đ}{x_A} \quad \text{hay} \quad U_A = U_đ\frac{x_đ}{x_A}$$

Thay tích số của các hằng số $U_đ x_đ$ bằng K chúng ta có phương trình hypecbon sau :

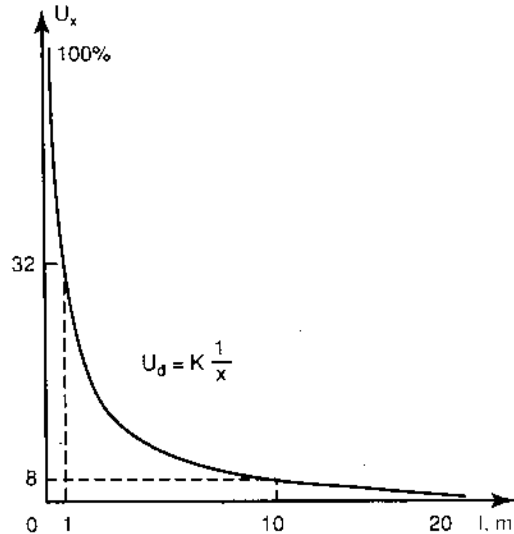
$$U_A = K\frac{1}{x_A}$$

Như thế sự phân bố điện áp trong vùng dòng điện rò trong đất đối với điểm xa vô cùng ngoài vùng dòng điện rò có dạng đường hypecbon.

Đường phân bố điện áp trên gọi là đường thế hiệu.

Tại điểm chạm đất trên mặt của vật nối đất chúng ta có điện áp đối với đất là cực đại, có nghĩa là điện áp giữa vật nối đất với những điểm của đất ở ngoài vùng dòng điện rò.

Thí nghiệm cho thấy sự phân bố điện áp trên mặt đất gần vật nối đất có dạng gần giống đường hypecbon (hình 3–1).

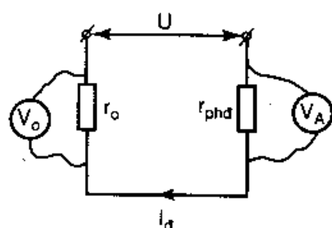


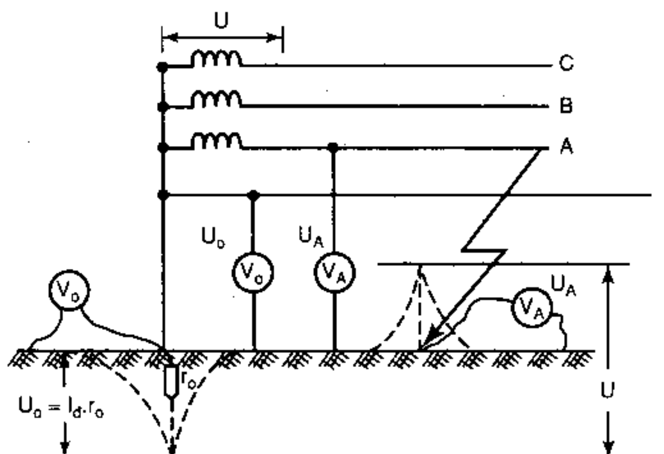
Hình 3–1. Đường cong chỉ sự phân bố điện áp của các điểm trên mặt đất lúc có chạm đất

Không riêng gì vật nối đất có dạng hình bán cầu mà ngay đối với các dạng khác của vật nối đất như hình ống, hình thanh chữ nhật, cũng như dây điện rơi xuống đất cũng có sự phân bố điện áp gần giống hình hypecbon. Sở dĩ tình trạng phân bố điện áp trong các trường hợp đều tương tự như nhau là do đặc điểm vật dẫn điện là Trái đất. Đất ở gần vật nối đất có điện trở cực đại đối với dòng điện vì ở đấy dòng điện phải đi qua một tiết diện bé cho nên tại những điểm đó điện áp giáng lớn nhất.

Chúng ta dùng cách đo trực tiếp điện áp từng điểm và vẽ thành đường cong phân bố điện áp đối với đất trong vùng dòng điện tản trong đất (hình 3–2). Trong vùng gần 1m cách vật nối đất có độ 68% điện áp rơi. Những điểm trên mặt đất nằm ngoài 20m cách chỗ chạm đất thực tế có thể xem như ngoài vùng dòng điện nguy hiểm hay gọi là những điểm có điện áp bằng không – đất. Trong khoảng cách nói trên điện áp rơi trên 1m không vượt quá 1V.

Trong khi đi vào đất dòng điện tản bị điện trở của đất cản trở. Điện trở này gọi là điện trở tản hay gọi là điện trở của vật nối đất.





Hình 3-2

Hình 3–3

Điện trở của vật nối đất chúng ta sẽ hiểu là tỉ số giữa điện áp xuất hiện trên vật nối đất với dòng điện chạy qua vật nối đất vào đất :

$$R_đ = \frac{U_đ}{I_đ}$$

Xét một ví dụ về cách xác định điện áp đối với đất khi có một pha chạm đất trong mạng điện ba pha có trung tính trực tiếp nối đất (hình 3–3).

Nếu gọi $r_{phđ}$ – điện trở tản của dòng điện tại chỗ chạm đất và r_o – điện trở tản của vật nối đất làm việc chúng ta có điện áp của pha A đối với đất :

$$U_A = I_đ r_{phđ} \quad (3–6)$$

Điện áp của dây trung tính đối với đất :

$$U_o = I_đ.r_o \quad (3–7)$$

Nếu chúng ta đo được trực tiếp các trị số U_A, U_o và $I_đ$ thì điện trở tản của dòng điện tại chỗ chạm đất $r_{phđ}$ và điện trở nối đất làm việc r_o có thể tính được bằng các phương trình (3–6) và (3–7) như sau :

$$r_{phđ} = \frac{U_A}{I_đ} \qquad \text{và} \qquad r_o = \frac{U_o}{I_đ}$$

Tóm lại, điện trở tản là tỉ số giữa điện áp xuất hiện trên vật nối đất (hay dây dẫn chạm đất) với dòng điện đi qua vật nối đất (hay dây dẫn) vào trong đất.

Định nghĩa này vẫn đúng với trường hợp dây dẫn không nối với đất :

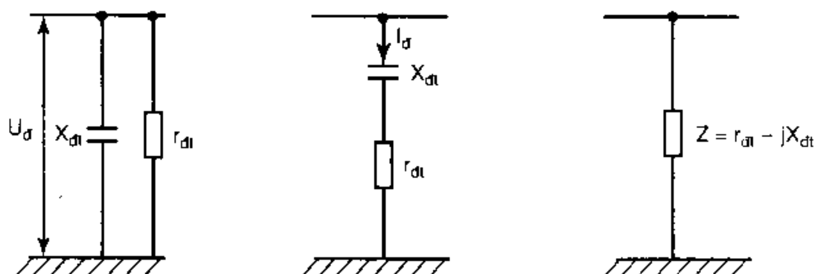
$$U_đ = I_đ.\ Z \quad (3–8)$$

ở đây : I_d – véc tơ dòng điện tản qua điện trở toàn phần liên hệ giữa dây dẫn và đất ;

Z – điện trở toàn phần dạng số phức.

$$Z = r_{dt} - jx_{dt}.$$

r_{dt} và x_{dt} – điện trở cách điện và điện dung dây dẫn đối với đất. Sơ đồ song song và sơ đồ nối tiếp điện trở cách điện và điện dung được vẽ trên hình 3–4.



Hình 3–4. Sơ đồ liên hệ giữa dây dẫn với đất trong trường hợp chung.

3.2. ĐIỆN ÁP TIẾP XÚC

Trong quá trình tiếp xúc với thiết bị điện nếu có mạch điện khép kín qua người thì điện áp giáng trên người lớn hay nhỏ tuỳ thuộc vào các điện trở khác mắc nối tiếp với thân người (điện trở của găng, ủng, thảm cách điện, nền nhà...).

Phần điện áp đặt vào thân người gọi là điện áp tiếp xúc (U_{tx}).

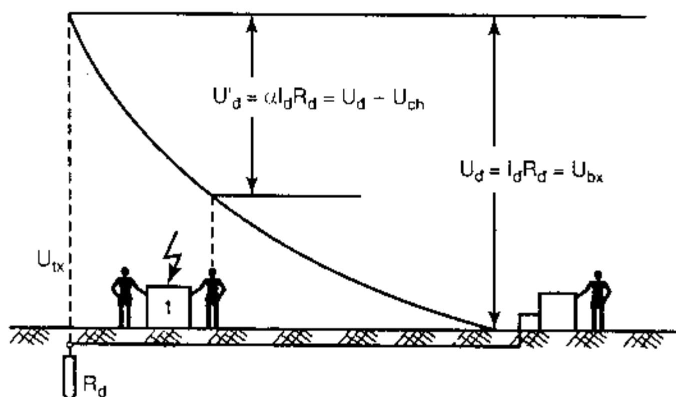
Vì chúng ta nghiên cứu an toàn trong điều kiện chạm vào một cực (một pha) là chủ yếu nên có thể xem điện áp tiếp xúc là thế giữa hai điểm trên đường đi của dòng điện mà người có thể chạm phải. Ví dụ giữa vỏ thiết bị và chân của người.

Trên hình 3–5 vẽ hai động cơ, vỏ các động cơ này nối với vật nối đất có điện trở $R_đ$. Trên vỏ thiết bị 1 bị chọc thủng cách điện của một pha.

Trong trường hợp này vật nối đất và vỏ các thiết bị đều mang điện áp đối với đất là :

$$U_đ = I_đ R_đ$$

ở đây : $I_đ$ – dòng điện qua vật nối đất.



Hình 3–5. Điện áp tiếp xúc

Người chạm vào bất cứ động cơ nào cũng đều có thế là $U_đ$. Mặt khác thế ở chân người U_{ch} phụ thuộc khoảng cách từ chỗ đứng đến vật nối đất. Kết quả là người bị tác dụng của hiệu số điện áp $U_đ$ và U_{ch}.

$$U_{tx} = U_đ - U_{ch}$$

Như vậy điện áp tiếp xúc phụ thuộc vào khoảng cách từ vỏ thiết bị được nối đất đến vật nối đất và mức độ cân bằng thế (xem phần sau).

Vì thế của mặt đất càng giảm khi càng xa vật nối đất cho nên ở khoảng cách từ 20m trở lên điện áp tiếp xúc có thể xem như bằng $U_đ$.

$$U_{tx} = U_đ$$

Trường hợp chung có thể biểu diễn điện áp tiếp xúc như sau :

$$U_{tx} = \alpha U_đ \qquad (3\text{–}9)$$

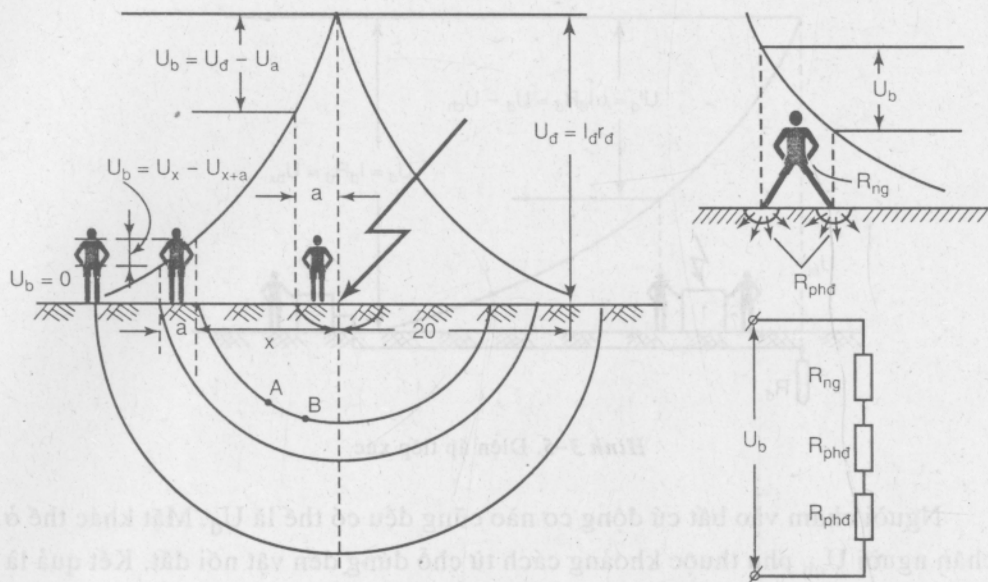
ở đây : α – hệ số tiếp xúc ($\alpha < 1$).

Trong thực tế điện áp tiếp xúc luôn luôn bé hơn điện áp giáng trên vật nối đất (dây chạm đất).

Điện áp tiếp xúc cho phép không tiêu chuẩn hoá.

3.3. ĐIỆN ÁP BƯỚC

Trên hình 3–6 vẽ sự phân bố thế của các điểm trên mặt đất lúc có một pha chạm đất hoặc một thiết bị (động cơ) nào đó bị chọc thủng cách điện.



Hình 3.6. Điện áp bước

Điện áp đối với đất ở chỗ trực tiếp chạm đất :

$$U_đ = I_đ r_đ$$

$r_đ$ – điện trở tản ở chỗ chạm đất.

Điện áp của các điểm trên mặt đất đối với đất ở cách xa chỗ chạm đất từ 20m trở lên có thể xem bằng không.

Những vòng tròn đồng tâm (hay mặt phẳng) mà tâm điểm là chỗ chạm đất chính là các vòng tròn đẳng thế (hay mặt phẳng đẳng thế).

Khi người đứng trên mặt đất thì hai chân thường ở hai vị trí khác nhau cho nên người sẽ bị một điện áp nào đấy tác dụng. *Điện áp đặt giữa hai chân người do dòng điện chạm đất tạo nên gọi là điện áp bước U_b.*

Có thể tính điện áp bước theo biểu thức sau :

$$U_b = U_x - U_{x+a} = \frac{I\rho}{2\pi x}\frac{a}{x+a} \qquad (3\text{–}10)$$

ở đây : a – độ dài của bước chân (khoảng 0,4 ÷ 0,8m) ;

x – khoảng cách đến chỗ chạm đất.

Ví dụ

Tính điện áp bước U_b lúc người đứng cách chỗ chạm đất (vật nối đất) x = 2200 cm và dòng điện chạm đất $I_đ$ = 1000 A (dòng điện qua vật nối đất). Điện trở suất của đất $\rho = 10^4$ Ω.cm.

$$U_b = \frac{1000.80.10^4}{2\pi.2200.2280} = 25,4 \text{ V}$$

Từ phương trình (3–10) chúng ta thấy rằng càng đứng cách xa chỗ chạm đất (vật nối đất) trị số điện áp bước càng bé.

Ở khoảng cách xa chỗ chạm đất từ 20m trở lên có thể xem điện áp bước bằng không.

Điện áp bước có thể bằng không mặc dầu người đứng gần chỗ chạm đất nếu hai chân người đều đặt trên vòng tròn đẳng thế (ví dụ : ở hai điểm A và B).

Như vậy sự phụ thuộc đối với khoảng cách đến chỗ chạm đất của điện áp bước hoàn toàn trái hẳn với điện áp tiếp xúc.

Ví dụ trên chỉ rõ điện áp bước có trị số khá lớn, mặc dù không tiêu chuẩn hoá điện áp bước nhưng để đảm bảo an toàn tuyệt đối cho người, quy phạm quy định là khi có xảy ra chạm đất phải cấm người đến gần chỗ bị chạm với khoảng cách sau :

Từ 4 ÷ 5m đối với thiết bị trong nhà ;

8 ÷ 10m đối với thiết bị ngoài trời.

Như trên đã nói điện áp tiếp xúc người ta không tiêu chuẩn hoá mà chỉ tiêu chuẩn hoá điện áp đối với đất. Đây là điện áp ứng với dòng điện chạm đất tính toán đi qua đất trong bất cứ thời gian nào của năm đều không được vượt quá trị số 250V đối với điện áp trên 1000V và 40V đối với thiết bị điện áp dưới 1000V.

Về điện áp bước cho phép cũng không tiêu chuẩn hoá nhưng không nên cho rằng điện áp bước không nguy hiểm đến tính mạng con người. Dòng điện qua hai chân người ít nguy hiểm hơn vì nó không đi qua cơ quan hô hấp, tuần hoàn. Nhưng với trị số điện áp bước khoảng 100 ÷ 250V các bắp cơ của người có thể bị co giật làm người ngã xuống và lúc đó sơ đồ nối điện đã thay đổi (dòng điện đi từ chân qua tay).

Quy trình "Kiểm tra và sử dụng các phương tiện bảo vệ" của Liên Xô (cũ) quy định khi đi lại trong các trạm điện ngoài trời phải dùng ủng cách điện nếu điện áp bước $U_b > 40V$.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Điện áp tiếp xúc là gì ? Quy định về điện áp tiếp xúc ?
2. Điện áp bước là gì ? Cách tính điện áp bước ?

CHƯƠNG 4

PHÂN TÍCH AN TOÀN TRONG CÁC MẠNG ĐIỆN ĐƠN GIẢN

Mạng điện đơn giản là mạng điện một chiều và mạng điện xoay chiều một pha.

Trường hợp nguy hiểm nhất là người chạm vào hai cực của mạng điện này. Dòng điện chạy qua người bằng :

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng}}$$

ở đây : U – điện áp của mạng điện ;

R_{ng} – điện trở của người.

Trường hợp này tương tự như trường hợp vận hành ở mạng điện điện áp dưới 1000V mà không dùng găng tay cách điện như quy trình đã đề ra.

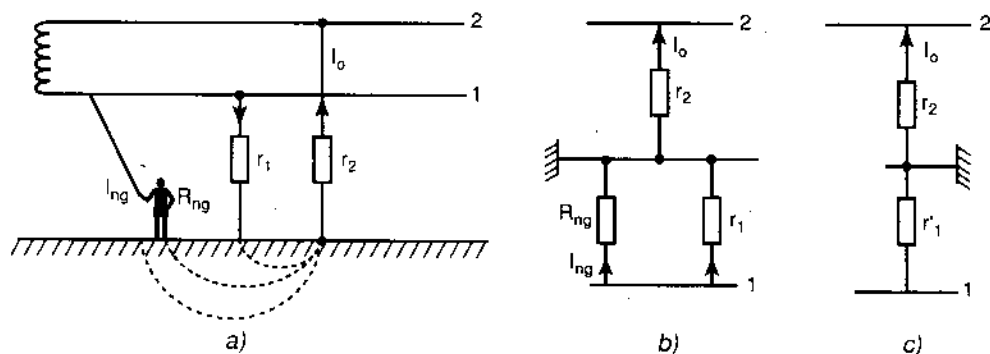
Tai nạn trên xảy ra như sau : khi người công nhân sửa chữa thiết bị có mang điện áp, một tay sờ vào một cực của mạng điện, còn chạm vào cực kia có thể bằng tai, cùi tay hay một tay khác... Dù có dùng găng tay cách điện dày vẫn không bảo vệ an toàn cho người công nhân.

Trong thực tế vận hành chạm vào hai cực của mạng điện rất ít khi xảy ra mà thường là chạm vào một cực và hậu quả của tai nạn tuỳ thuộc vào trạng thái làm việc của mạng điện đối với đất.

4.1. MẠNG ĐIỆN CÁCH ĐIỆN ĐỐI VỚI ĐẤT

Trên hình 4–1 vẽ mạng điện cách điện đối với đất điện áp dưới 1000V. Khi người chạm vào một cực của mạng điện sẽ tạo nên một mạch kín vì cách điện của mạng điện không bao giờ đạt lí tưởng cho nên r_1 và r_2 không phải

bao giờ cũng có trị số vô cùng lớn cho nên giữa mạng điện và đất có trị số điện dẫn nào đó.



Hình 4–1. Chạm vào một cực của mạng điện hai dây

Theo sơ đồ đẳng trị, ta có (hình 4–1b) :

$$r'_1 = \frac{R_{ng} r_1}{R_{ng} + r_1} \tag{4–1}$$

Dòng điện tổng của mạch điện I_o :

$$I_o = \frac{U}{r'_1 + r_2} \tag{4–2}$$

Điện áp đặt vào người :

$$U_{ng} = I_o . r'_1 \tag{4–3}$$

Dòng điện qua người :

$$I_{ng} = \frac{U_{ng}}{R_{ng}} = \frac{U.r'_1}{R_{ng}(r'_1 + r_2)} \tag{4–4}$$

Thay trị số r'_1 vào phương trình (4–4), ta có :

$$I_{ng} = \frac{U.r_1}{R_{ng}(r_1 + r_2) + r_1 r_2} \tag{4–5}$$

Giả thiết $r_1 = r_2 = r_{cd}$, ta có :

$$I_{ng} = \frac{U}{2R_{ng} + r_{cd}} \quad (4-6)$$

ở đây : r_{cd} – điện trở cách điện.

Từ phương trình này chúng ta thấy rõ vai trò của cách điện đối với điều kiện an toàn. Nếu lấy dòng điện an toàn đối với người là 0,01A thì điện trở cách điện không được bé hơn trị số sau :

$$r_{cd} \geq 100U - 2R_{ng}$$

Ví dụ nếu ta lấy $R_{ng} = 1000\ \Omega$, $U = 220V$ thì $r_{cd} \geq 20k\Omega$;

$R_{ng} = 1000\ \Omega$, $U = 440V$ thì $r_{cd} \geq 42k\Omega$.

Trường hợp nguy hiểm nhất là khi chạm vào pha 1 mà pha đó bị chạm đất. Lúc đó dòng điện qua người :

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng}} \quad (4-7)$$

có nghĩa là giống lúc chạm vào hai cực của mạng điện như đã nói ở trên.

Trong các biểu thức (4–6), (4–7) chúng ta không xét đến điện trở của nền nhà vì điện trở này rất bé, hoặc không tham gia trong sơ đồ. Tuy nhiên lúc chạm vào một cực của mạng điện ý nghĩa cách điện của nền nhà rất quan trọng và phải tính đến.

$$I_{ng} = \frac{U.r_1}{(R_{ng} + r_n)(r_1 + r_2) + r_1 r_2} \quad (4-8)$$

và nếu $r_1 = r_2$ thì :

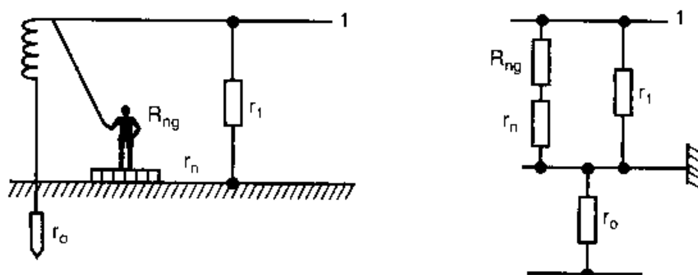
$$I_{ng} = \frac{U}{2(R_{ng} + r_n) + r_{cd}} \quad (4-9)$$

ở đây : r_n – điện trở của nền nhà.

4.2. MẠNG ĐIỆN CÓ MỘT CỰC HAY MỘT PHA NỐI ĐẤT

4.2.1. Mạng điện một dây

Mạng điện này chỉ có một dây, còn một dây khác là đất hay là đường ray. Tàu điện hay tàu hoả chạy bằng điện làm việc theo sơ đồ hình 4–2.



Hình 4–2. Chạm vào một cực của mạng điện một dây

r_o – điện trở của nối đất làm việc ;

r_1 – điện trở cách điện của dây điện ;

r_n – điện trở của nền.

Ta có :

$$I_{ng} = \frac{U.r_1}{(R_{ng} + r_n)(r_1 + r_o) + r_1 r_o} \qquad (4\text{–}10)$$

Nếu chúng ta xem điện trở r_o có trị số gần bằng không thì biểu thức trên có thể viết :

$$I_{ng} = \frac{U}{(R_{ng} + r_n)} \qquad (4\text{–}11)$$

Nếu người đứng trên đất ướt hay trên đường sắt sẽ chịu một điện áp bằng điện áp toàn bộ của mạng điện. Vận hành mạng nói trên rất nguy hiểm vì thế phải mắc dây dẫn trên cao cách mặt đất một khoảng cách an toàn hoặc có biện pháp cách li dây dẫn không nối đất.

4.2.2. Mạng điện hai dây

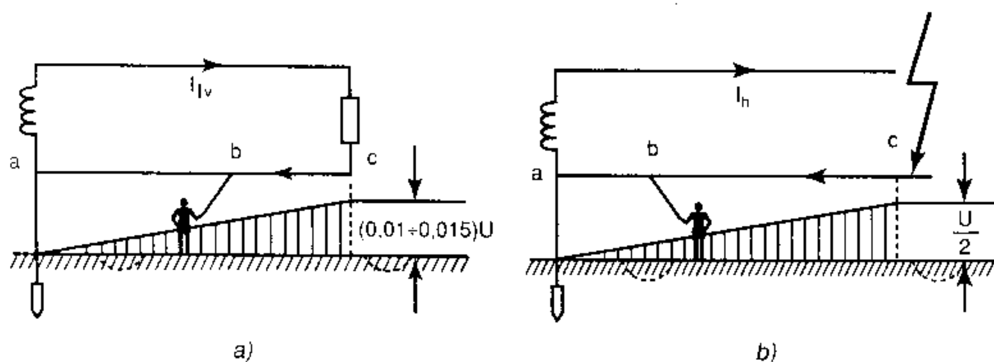
Mạng điện này dùng để đo lường một pha, để cung cấp cho máy biến áp hàn hay cung cấp cho máy biến điện áp dùng cho loại đèn cầm tay (hình 4–3).

Lúc bình thường nếu chạm vào dây dẫn có nối đất thì không nguy hiểm gì vì điện áp đặt vào người không lớn (hình 4–3a). Điện áp này được tính bằng :

$$U_{ng} = U_{ab} = I_{lv}.r_{ab}$$

ở đây : I_{lv} – dòng điện làm việc của mạng điện ;

r_{ab} – điện trở của đoạn dây ab.



Hình 4–3. a) Chạm một cực của hai dây có nối đất ;
b) Chạm một cực của mạng điện hai dây có nối đất

Dù chạm vào điểm b ở cách xa điểm nối đất bao nhiêu, điện áp không bao giờ lớn hơn 5% điện áp toàn mạng điện. Điều này chỉ phù hợp với tình trạng làm việc bình thường của mạng điện ứng với dòng làm việc I_{lv}. Trường hợp nguy hiểm nhất là lúc xảy ra ngắn mạch (hình 4–3 b).

Trong trường hợp này điện áp phân bố trên đường dây theo điện trở của dây dẫn. Giả thiết tiết diện của dây dẫn bằng nhau tại mọi điểm, khi đó điện áp của điểm c gần bằng U/2 và càng gần điểm a điện áp càng giảm dần.

Cần chú ý thêm là lúc mạng điện ở trạng thái bình thường, người chạm vào dây không nối đất mạng điện hai dây điều kiện an toàn sẽ giống như chạm vào một dây của mạng điện một dây đã xét ở phần trên.

4.3. MẠNG ĐIỆN CÁCH ĐIỆN ĐỐI VỚI ĐẤT CÓ ĐIỆN DUNG LỚN

Những mạng điện chúng ta đã xét ở trên đều không kể đến điện dung của mạng điện. Điều kiện này chỉ đúng với mạng điện đường dây trên không, điện áp dưới 1000V. Với các mạng điện đường dây cáp điện áp nhỏ hơn 1000V và đường dây trên không, điện áp cao hơn 1000V chúng ta phải tính đến điện dung của mạng điện. Với các mạng điện dùng dây cáp mặc dù chiều dài đường dây bé và điện áp thấp vẫn có điện tích rất lớn vì điện dung của lõi cáp đối với đất rất lớn. Đối với đường dây trên không, khi nào điện áp lớn hơn 1000V mới cần tính đến điện dung đối với đất.

4.3.1. Nguy hiểm của điện tích tàn dư

Đường dây tuy đã bị cắt ra khỏi mạng điện nhưng điện tích tàn dư của đường dây vẫn có thể gây nguy hiểm cho người. Trong mạch điện xoay chiều,

điện áp của điện tích tàn dư không chỉ phụ thuộc vào thông số của mạch điện mà còn phụ thuộc vào thời điểm cắt mạch điện. Điện áp này có thể có trị số bằng hai lần biên độ hay hơn nữa.

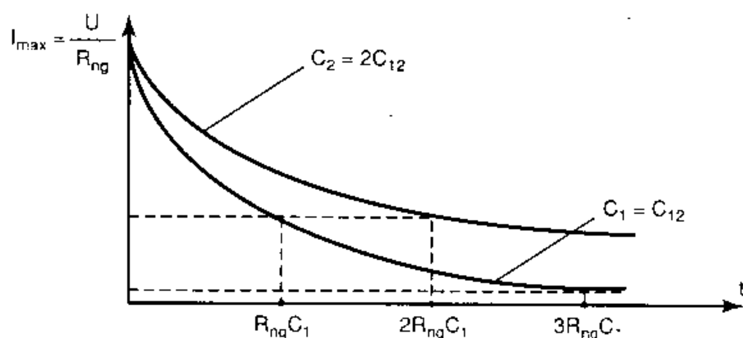
Nếu người cách điện đối với đất mà chạm vào hai cực thì sẽ có dòng điện qua người :

$$I_{ng} = \frac{U_o}{R_{ng}} e^{-\frac{t}{R_{ng}C_{12}}} \quad (4-12)$$

U_o – điện áp tàn dư của đường dây ứng với thời điểm khi người chạm vào mạch điện,V ;

R_{ng} – điện trở người, Ω ;

C_{12} – điện dung giữa các dây dẫn của đường dây bị cắt.



Hình 4–4. Đường cong chỉ sự phụ thuộc dòng điện đi qua người (I_{ng}) với thời gian t : $I_{ng} = f(t)$

Biết được trị số điện dung C_{12}, điện áp ở thời điểm ban đầu U_o, cho một trị số điện trở người nào đấy (R_{ng}) chúng ta sẽ xây dựng được quan hệ I_{ng} với thời gian t.

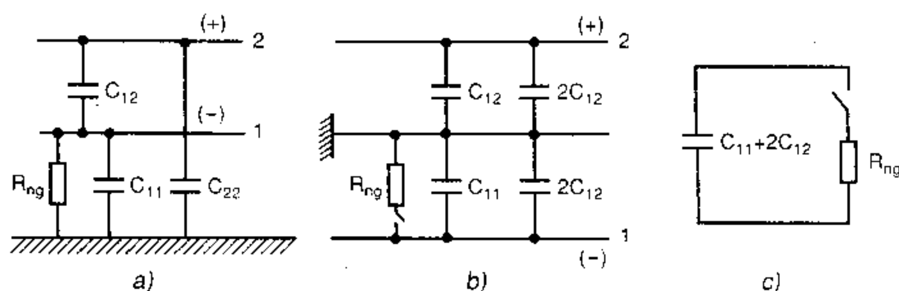
Lần lượt cho các trị số t bằng 0, RC, 2RC, 3RC và xây dựng đồ thị ở hình 4–4 (trị số I_{ng} tính theo công thức 4–12).

Nhận xét

Nếu điện dung càng lớn $C_2 > C_1$ thì trị số điện tích tàn dư (Q = CU) càng cao và làm dòng điện duy trì càng lâu và tất nhiên trị số trung bình của dòng điện tác dụng vào người càng lớn.

Nếu người chạm vào một dây của đường dây bị cắt điện và giả thiết $r_{cđ} = \infty$ có thể tính gần đúng như sau :

Trong thời điểm của chế độ làm việc chưa ổn định, người sẽ bị tác dụng dòng điện tích của điện dung dây dẫn 1 đối với đất C_{11} và của một phần dòng điện, điện dung giữa các dây dẫn C_{12} (hình 4–5 a).



Hình 4–5. Chạm vào một cực của đường dây đã cắt điện

Dùng hai điện dung nối tiếp $2C_{12}$ để thay cho C_{12} và giả thiết điểm giữa chúng nối đất và chúng ta có hình 4–5b.

Kết quả là lúc ta sờ vào một cực của mạng điện sẽ bị sự phóng điện của $2C_{12}$ C_{11} (hình 4–5c).

Dòng điện qua người có thể tính :

$$I_{ng} = \frac{U_o}{2R_{ng}} e^{-\frac{t}{R_{ng}(2C_{12}+C_{11})}} \qquad (4\text{–}13)$$

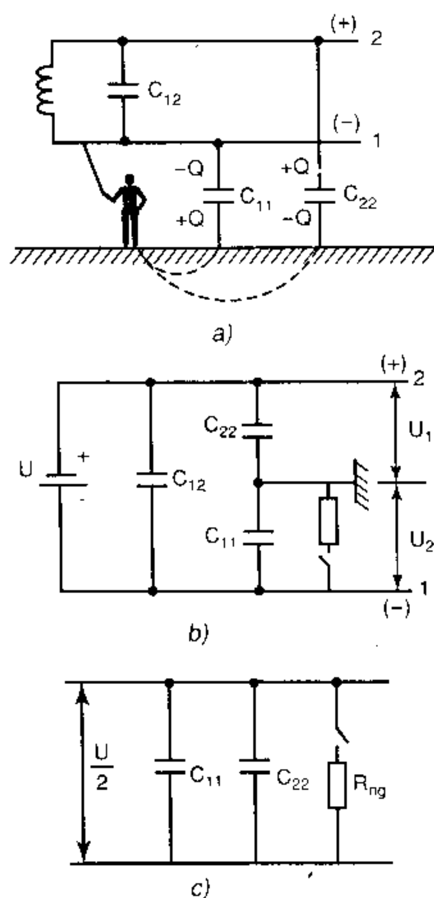
Đánh giá sự nguy hiểm của điện tích không những chỉ do trị số dòng điện phóng điện và thời gian phóng điện mà còn ở nhiệt lượng $Q = 0{,}24\frac{CU^2}{2}$. Nhiệt lượng này làm đốt nóng thân thể người khi người chạm vào mạch điện.

4.3.2. Điện dung trong mạch điện một chiều

Khi chạm vào đường dây điện một chiều đang vận hành, nếu bỏ qua dòng điện rò (có nghĩa là xem $r = \infty$) và chỉ kể các trị số C_{11}, C_{12} và C_{22} (hình 4–6) thì việc nghiên cứu hiện tượng khi người tiếp xúc vào mạch điện như sau : Trước lúc người chạm vào mạch điện ta có C_{11} và C_{22} mắc nối tiếp với nhau, nghĩa là $Q_{11} = Q_{22} = Q$.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{C_{22}}{C_{11}}$$

Vì điện dung của các dây dẫn đối với đất thường bằng nhau $C_{11} = C_{22}$, nên có thể giả thiết $U_1 = U_2 = \frac{U}{2}$. Sau khi người chạm vào một dây nào đấy (ví dụ dây 1) điện tích trên C_{11} phóng qua người và điện áp giảm từ $\frac{U}{2}$ đến 0, đồng thời điện dung C_{22} nạp điện từ $\frac{U}{2}$ đến U và trong thời gian này dòng điện sẽ đi qua người. Dòng điện nạp và dòng điện phóng của C_{11} và C_{22} đều đi qua điện trở R_{ng} dưới tác dụng của điện áp $\frac{U}{2}$. Trên hình (4–6c) vẽ sơ đồ đẳng trị của mạch điện với C_{11} và C_{22} ghép song song nhau.



Hình 4–6. Chạm vào một cực của mạng điện một chiều đang vận hành

Dòng điện đi qua người sẽ là :

$$I_{ng} = \frac{U_o}{2R_{ng}} e^{\frac{-t}{R_{ng}(C_{11}+C_{22})}} =$$

$$= \frac{U_o}{2R_{ng}} e^{\frac{-t}{2R_{ng}C_{11}}} \qquad (4-14)$$

Dòng điện này đi qua người tồn tại trong một thời gian ngắn.

Với mạng điện dây cáp dài có điện áp bé hơn 1000V phải tính đến điện dẫn của cách điện và cả điện dung.

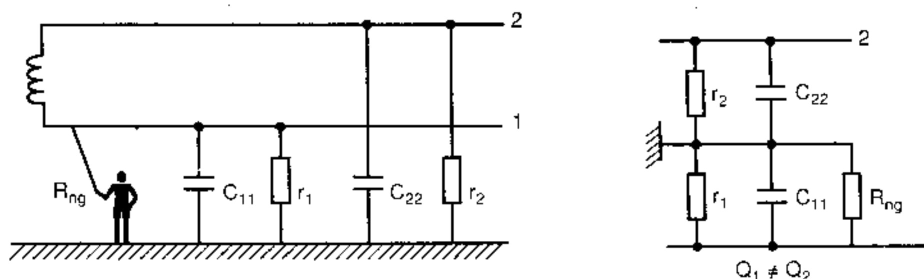
Trước lúc tiếp xúc, điện áp của dây dẫn 1 và dây dẫn 2 đối với đất có trị số bằng :

$$U_1 = I_{rò}.r_1 = I_{rò}.r_2$$

$I_{rò}$ – dòng điện rò qua đất của điện trở cách điện.

Sau khi người tiếp xúc vào dây dẫn 1 (hình 4–7), điện trở của dây dẫn 1 giảm xuống và bằng :

$$r_1' = \frac{R_{ng} r_1}{R_{ng} + r_1} \qquad (4\text{–}15)$$



Hình 4–7. Trường hợp chạm một cực của đường dây điện một chiều (trường hợp chung)

Do đó dòng điện rò sẽ tăng lên trị số $I'_{rò}$, điện áp dây dẫn 1 giảm xuống bằng $U'_1 = I'_{rò} . r_1$.

Điện áp của dây dẫn 2 đối với đất $U'_2 = U - U'_1$. Điện áp bây giờ sẽ phân bố lại theo :

$$\Delta U = U_1 - U'_1 = U'_2 - U_2$$

Đây là nguyên nhân của sự phóng điện của C_{11} và nạp điện qua người của C_{22}.

Giả thiết $C_{11} = C_{22}$ ta có trị số dòng điện đi qua người :

$$I_{ng} = \frac{\Delta U}{R_{ng}} e^{\frac{-t}{R_{ng}(C_{11}+C_{22})}} \qquad (4\text{–}16)$$

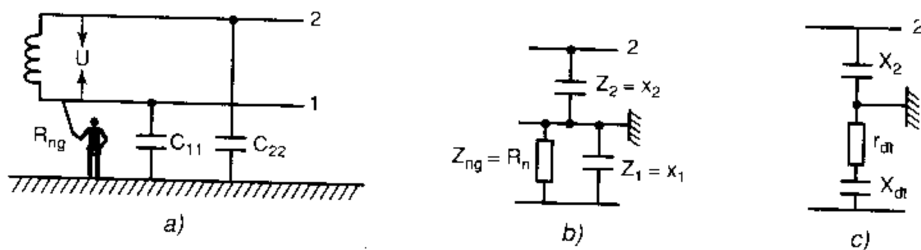
Cần chú ý rằng ngoài dòng điện tức thời đi qua người do sự phân bố lại điện áp của các dây dẫn đối với đất được tính theo biểu thức (4–16), còn có dòng điện một chiều do điện dẫn cách điện của các dây dẫn đối với đất cung cấp đến cũng đi qua người.

$$I_{ng} = \frac{U.r_1}{R_{ng} r_1 + R_{ng} r_2 + r_1 r_2} \qquad (4\text{–}17)$$

Cũng bằng phương pháp xây dựng đường cong i = f(t) của hai thành phần dòng điện nói trên chúng ta sẽ xác định dòng điện tổng qua người $\sum i = f(t)$.

4.3.3. Điện dung trong mạng điện xoay chiều

Hiện tượng xảy ra lúc người chạm vào một cực của mạng điện xoay chiều hoàn toàn khác với trường hợp ở mạng điện một chiều (hình 4–8).



Hình 4–8. Trường hợp chạm một cực của đường dây điện xoay chiều đang vận hành ($r_1 = r_2 = \infty$)

Nếu điện dẫn của dây đối với đất bé ($r_{cđ} = \infty$) chúng ta chỉ xét đến điện dung của dây dẫn đối với đất.

Trong trường hợp này dòng điện điện dung đi qua người liên tục. Dạng của dòng điện chỉ phụ thuộc vào dạng của sức điện động, trị số dòng điện phụ thuộc đại lượng của điện dung dây dẫn đối với đất.

Trị số của dòng điện qua người tính theo sơ đồ ở hình 4–8 b, c.

Biến đổi mạch điện trở người R_{ng} và x_1 thay bằng điện kháng đẳng trị.

Điện dẫn tác dụng và phản kháng của mạch đẳng trị sẽ bằng :

$$g_{đt} = \frac{R_{ng}}{Z_{ng}^2} + 0 = \frac{R_{ng}}{R_{ng}^2} = \frac{1}{R_{ng}}$$

$$b_{đt} = 0 + \frac{x_1}{Z_1^2} = \frac{x_1}{x_1^2} = \frac{1}{x_1}$$

Điện dẫn tổng của sơ đồ đẳng trị :

$$y_{đt} = \sqrt{g_{đt}^2 + b_{đt}^2} = \frac{\sqrt{R_{ng}^2 + x_1^2}}{R_{ng}x_1}$$

Điện trở tổng của mạch đẳng trị :

$$Z_{đt} = \frac{1}{y_{đt}} = \frac{R_{ng}x_1}{\sqrt{R_{ng}^2 + x_1^2}}$$

Điện trở và điện kháng của mạch đẳng trị :

$$r_{đt} = \frac{g_{đt}}{y_{đt}^2} = \frac{R_{ng}x_1^2}{R_{ng}^2 + x_1^2}$$

$$x_{dt} = \frac{b_{dt}}{y_{dt}^2} = \frac{R_{ng}^2 x_1}{R_{ng}^2 + x_1^2}$$

Tổng trở của toàn mạch :

$$Z_\Sigma = \sqrt{r_{dt}^2 + (x_{dt} + x_2)^2}$$

Dòng điện tổng của toàn mạch :

$$I_\Sigma = \frac{U}{Z_\Sigma} = \frac{U}{\sqrt{r_{dt}^2 + (x_{dt} + x_2)^2}}$$

Điện áp đặt vào người :

$$U_{ng} = I_\Sigma Z_{dt} = \frac{U R_{ng} x_1}{\sqrt{[r_{dt}^2 + (x_{dt} + x_2)^2](R_{ng}^2 + x_1^2)}}$$

Dòng điện tác dụng vào người :

$$I_{ng} = \frac{U_{ng}}{R_{ng}} = \frac{U x_1}{\sqrt{R_{ng}^2 (x_1 + x_2)^2 + x_1^2 x_2^2}} \qquad (4\text{–}18)$$

Trường hợp $x_1 = x_2 = x$

$$I_{ng} = \frac{U}{\sqrt{4R_{ng}^2 + x^2}}$$

hay là

$$I_{ng} = \frac{U}{\sqrt{4R_{ng}^2 + x^2}} = \frac{U\omega C}{\sqrt{4R_{ng}^2 \omega^2 C^2 + 1}} \qquad (4\text{–}19)$$

Đối với mạng điện mà điện dẫn có trị số lớn không thể bỏ qua được, lúc đó phải kể đến C_{11}, r_1, C_{22}, r_2. Muốn tìm dòng điện đi qua người ta dùng phương pháp hàm phức và sử dụng sơ đồ đẳng trị như trên đã xét.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Phân tích an toàn trong mạng điện đơn giản khi mạng điện cách điện đối với đất ?
2. Phân tích an toàn trong mạng điện có một cực hay một pha nối đất ?
3. Phân tích sự nguy hiểm của điện tích tàn dư trong mạng điện cách điện đối với đất có điện dung lớn.
4. Hãy nêu các biện pháp đảm bảo an toàn cho người vận hành.

CHƯƠNG 5

PHÂN TÍCH AN TOÀN TRONG MẠNG ĐIỆN BA PHA

Theo "quy trình thiết bị điện" người ta chia thiết bị điện ra làm hai loại :

– Thiết bị điện có điện áp làm việc dưới 1000V.

– Thiết bị điện có điện áp làm việc trên 1000V.

Điểm trung tính của máy biến áp hay máy phát điện trong các thiết bị điện này có thể nối đất hoặc không nối đất.

Nếu trung tính (ở đây muốn nói dây trung tính) không nối với các thiết bị nối đất hoặc nối qua thiết bị để bù dòng điện dung trong mạng, qua máy biến điện áp... hay qua các khí cụ có điện trở lớn, được gọi là *trung tính cách điện đối với đất*. Ngược lại nếu trung tính nối trực tiếp với thiết bị nối đất hoặc qua một điện trở bé (máy biến dòng) thì gọi là *trung tính trực tiếp nối đất* .

Chạm đất là sự nối điện bất ngờ giữa những bộ phận của thiết bị điện có mang điện áp với những cấu trúc khác hoặc với đất trực tiếp. Dòng điện chạm đất là dòng điện đi vào đất qua chỗ bị chạm đất.

Những thiết bị điện với trung tính cách điện có dòng chạm đất bé, nghĩa là theo "quy trình thiết bị "dòng điện chạm đất này có trị số bé hơn 500A. Các thiết bị điện với trung tính trực tiếp nối đất và điện áp lớn hơn 1000V có dòng điện chạm đất lớn, nghĩa là theo "quy trình thiết bị" trị số dòng điện này lớn hơn 500A.

Mạng điện ba pha bốn dây với điện áp 380/220V có trung tính trực tiếp nối đất.

Dây trung tính là dây nối với điểm trung tính trực tiếp nối đất, dùng làm dây ngược khi phụ tải các pha không đều nhau.

Không nên cho rằng trung tính và dây trung tính không mang điện áp. Thực tế trong vận hành có dòng điện tác dụng và dòng điện rò, lúc có chạm

đất một pha... trung tính cũng như dây trung tính đều mang điện áp gây nguy hiểm đến tính mạng con người.

Trong mạng điện chúng ta đang xét có thể xảy ra một số trường hợp người bị tổn thương do dòng điện như sau :

1. Chạm vào hai cực hay ba cực của một vật dẫn điện.

2. Chạm vào một cực (pha – đất).

3. Chạm vào vật không dẫn điện nhưng có điện áp xuất hiện bất ngờ.

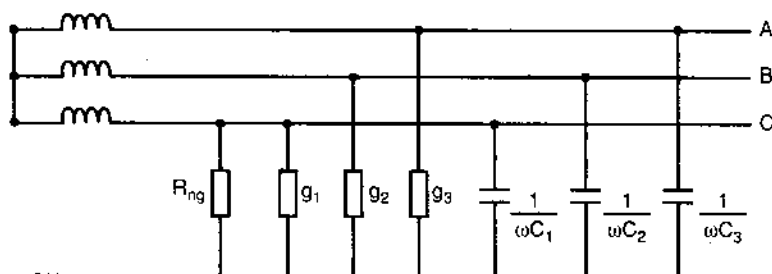
4. Bị tác dụng của điện áp bước.

Sau đây chúng ta sẽ xét điều kiện an toàn trong thiết bị điện với điện áp trên và dưới 1000V có trung tính hoặc trực tiếp nối đất, hoặc cách điện đối với đất.

5.1. MẠNG ĐIỆN CÓ TRUNG TÍNH CÁCH ĐIỆN

5.1.1. Trường hợp chung : khi mạng điện có trung tính cách điện đối với đất có điện dung và điện dẫn với trị số nào đấy, nghĩa là :

$C_1 \neq C_2 \neq C_3 \neq 0$ và $g_1 \neq g_2 \neq g_3 \neq 0$ (hình 5–1).



Hình 5–1

Trước khi người chạm vào một trong các pha theo định luật Kiếc khốp thứ nhất có thể viết :

$$g_1U_1 + g_2U_2 + g_3U_3 + C_1\frac{dU_1}{dt} + C_2\frac{dU_2}{dt} + C_3\frac{dU_3}{dt} = 0 \qquad (5-1)$$

ở đây : U_1, U_2, U_3 – trị số tức thời của các pha với đất.

Chúng ta có thể viết phương trình sau :

$$\left.\begin{aligned} U_1 - U_2 &= U_{ph1} - U_{ph2} = U_{21} \\ U_2 - U_3 &= U_{ph2} - U_{ph3} = U_{32} \\ U_3 - U_1 &= U_{ph3} - U_{ph1} = U_{13} \end{aligned}\right\} \qquad (5-2)$$

ở đây : $U_{ph1}, U_{ph2}, U_{ph3}$ – trị số tức thời của các pha ;

U_{21}, U_{32}, U_{13} – trị số tức thời của điện áp dây.

Từ biểu thức (5–2) ta có :

$$U_2 = U_1 - U_{21}$$

và :

$$U_3 = U_1 - U_{13}$$

Thay các trị số này vào biểu thức (5–1) ta có :

$$(g_1 + g_2 + g_3)U_1 + (C_1 + C_2 + C_3)\frac{dU_1}{dt} - g_2U_{21} - C_2\frac{dU_{21}}{dt} +$$

$$+ g_3U_{13} + C_3\frac{dU_{13}}{dt} = 0$$

Kí hiệu : $g_1 + g_2 + g_3 = g$ và $C_1 + C_2 + C_3 = C^*$ (5–3)

Chuyển sang trị số hiệu dụng :

$$U_1 = \frac{U}{2}\sqrt{\frac{[3(g_3 + g_2) + \sqrt{3}\omega(C_3 - C_2)]^2 + [\sqrt{3}(g_2 - g_3) + 3\omega(C_2 + C_3)]^2}{(g_1 + g_2 + g_3)^2 + \omega^2(C_1 + C_2 + C_3)^2}}$$

Sau khi người chạm vào pha C thì trị số U_1 chỉ khác trước ở chỗ thay thế số hạng : $(g_1 + g_2 + g_3)$ bằng $(g_1 + g_2 + g_3 + g_{ng})$ dưới mẫu số của biểu thức trên.

Ở đây g_{ng} là điện dẫn của người.

Đại lượng dòng điện đi qua người :

$$I_{ng} = \frac{U.g_{ng}}{2}\sqrt{\frac{[3(g_3 + g_2) + \sqrt{3}\omega(C_3 - C_2)]^2 + [\sqrt{3}(g_2 - g_3) + 3\omega(C_2 + C_3)]^2}{(g_1 + g_2 + g_3 + g_{ng})^2 + \omega^2(C_1 + C_2 + C_3)^2}}$$

(5–4)

Biểu thức (5–4) cho phép xác định I_{ng} của mọi trường hợp người chạm vào mạng điện ba pha với thông số bất kì của mạng điện.

Với mạng có dây trung tính thì trong phương trình (5–2) sẽ có thêm biểu thức : $U_1 + U_2 + U_3 = 3U_o$ và trong phương trình (5–1) thêm các số hạng g_oU_o và $C_o\frac{dU_o}{dt}$.

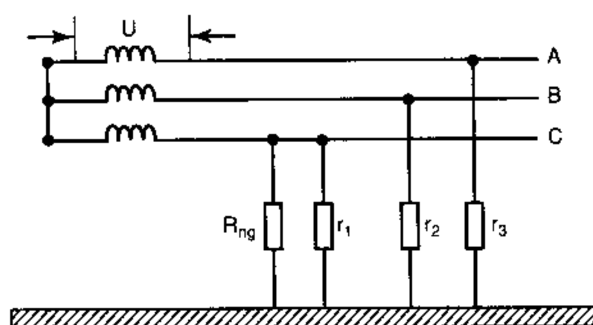
Tương ứng với trên thì :

$$g = g_1 + g_2 + g_3 + g_o$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_o$$

Dùng biểu thức (5–4) chúng ta có thể xác định các trường hợp có mạng điện đơn giản khác.

5.1.2. Mạng điện có điện áp dưới 1000V với điện dung bé. Mạng điện này thường có chiều dài của dây cáp không quá 1km và điện dung trong trường hợp này có thể bỏ qua. Khi người chạm vào một trong các pha thì điện trở của người coi như mắc nối tiếp vào hai pha còn lại qua điện trở tác dụng của các pha này đối với đất (hình 5–2).



Hình 5–2

Để đơn giản xem :

$$r_1 = r_2 = r_3 = r_{cđ}$$

$$C_1 = C_2 = C_3 = 0$$

Thay các trị số r_1, r_2, r_3 và C_1, C_2, C_3 vào biểu thức (5–4) xác định được dòng điện qua người trong trường hợp này bằng :

$$I_{ng} = \frac{3U}{3R_{ng} + r_{cd}} \qquad (5\text{–}5)$$

Từ biểu thức (5–5) chúng ta thấy với mạng điện có trung tính cách điện, khi người chạm vào một cực của pha nào đó hoặc chạm vào vỏ của thiết bị có cách điện bị hỏng thì dòng điện qua người phụ thuộc vào chính cách điện của mạng r. Như thế có nghĩa là tăng cường chất lượng cách điện sẽ đạt được yêu cầu về an toàn cho người. Điều kiện này có thể làm được chỉ riêng với mạng điện điện áp bé hơn 1000V có chiều dài dây ngắn nên điện dung có thể bỏ qua. Nếu trường hợp điện trở của các pha đối với đất không bằng nhau, tức là $r_1 \neq r_2 \neq r_3$ cũng có thể dùng biểu thức (5–4) để xác định dòng điện đi qua người lúc chạm vào một cực của một pha nào đó.

$$I_{ng} = \frac{\sqrt{3}Ur_1\sqrt{r_2^2 + r_2r_3 + r_3^2}}{R_{ng}(r_1r_2 + r_2r_3 + r_1r_3) + r_1r_2r_3} \qquad (5\text{–}6)$$

5.1.3. Mạng điện trung tính cách điện điện áp trên 1000V. Ở đây có thể xem là cách điện rất tốt $r_1 = r_2 = r_3 = \infty$ còn điện dung đối với đất có một trị số nhất định nào đấy không thể bỏ qua được. Thay các trị số :

$$g_1 = g_2 = g_3 = 0$$

$$C_1 = C_2 = C_3 = C$$

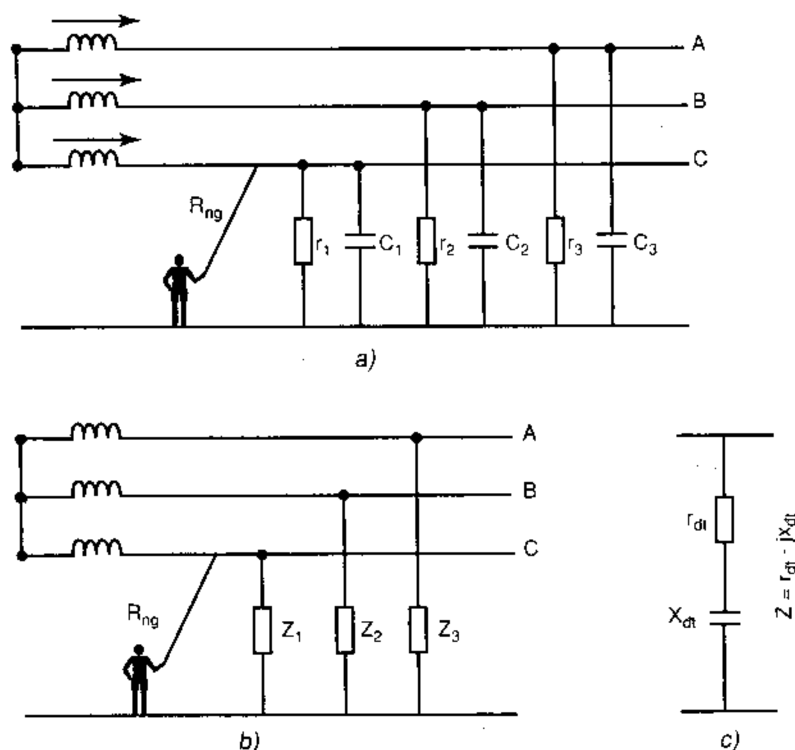
vào biểu thức (5–4) chúng ta có :

$$I_{ng} = \frac{3U}{\sqrt{9R_{ng}^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} \qquad (5\text{–}7)$$

5.1.4. Mạng điện trung tính cách điện, điện áp dưới 1000V với điện dung lớn

Đây là loại mạng điện dùng cáp điện áp dưới 1000V có chiều dài các đường dây lớn hơn 1 ÷ 2km. Với loại mạng điện này phải xét đồng thời cả dòng điện rò và dòng điện điện dung (hình 5–3 a).

Giả thiết $r_1 = r_2 = r_3 = r$ và $x_1 = x_2 = x_3 = x$



Hình 5–3. Chạm vào mạng điện 3 pha có trung tính cách điện (trường hợp chung)

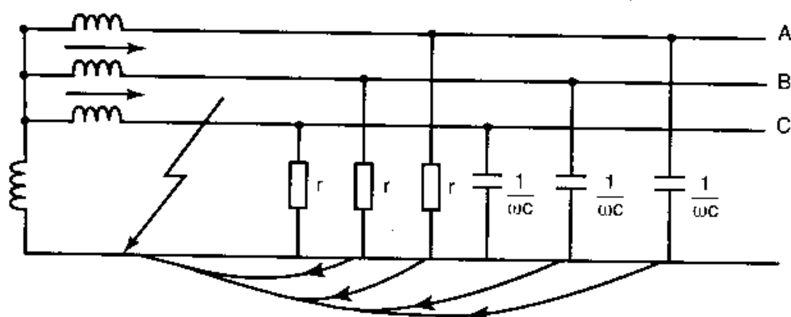
Thay các điện trở và điện kháng mắc song song với nhau bằng điện trở và điện kháng đẳng trị mắc nối tiếp r_{dt} và x_{dt} (hình 5–3b). Sơ đồ này có dạng giống như sơ đồ hình 5–2 và như vậy theo định luật Kiếc khốp có thể viết :

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{r(r + 6R_{ng})}{9(1 + r^2\omega^2C^2)R_{ng}^2}}} \qquad (5\text{–}8)$$

Từ các biểu thức (5–7), (5–3) chúng ta cần chú ý rằng với mạng điện điện áp trên 1000V có trung tính cách điện thì điện trở cách điện thường rất tốt đồng thời cũng có điện dung của các pha đối với đất lớn (khoảng vài phần mười μF trên 1km chiều dài), cho nên dòng điện rất nguy hiểm cho người. Mạng điện này tương tự như mạng điện điện áp dưới 1000V có nhiều nhánh... Không nên nghĩ rằng điều kiện an toàn trong mạng điện có trung tính cách

điện với điện dung lớn sẽ được đảm bảo hơn nếu dùng cách bù điện dung bằng điện kháng tương đương.

Cuộn bù dập tắt hồ quang được mắc vào điểm giữa trung tính của nguồn và đất (hình 5–4).



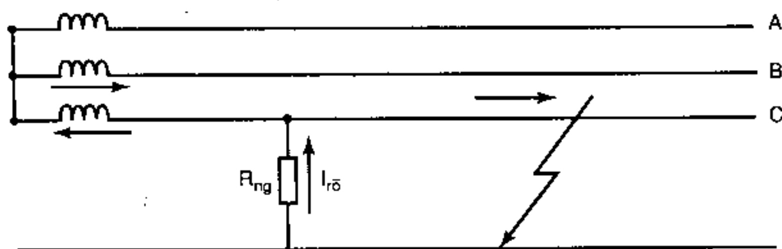
Hình 5–4. Cách bù điện dung

Dòng điện cảm ứng được tạo nên lúc một pha chạm đất sẽ có giá trị gần bằng trị số dòng điện điện dung mà nó hạn chế tại chỗ chạm đất do vậy độ lớn của hồ quang giảm xuống cũng như xác suất phát sinh hồ quang bớt đi.

Về phương diện dập tắt hồ quang, việc bù có một giá trị tốt. Nhưng về phương diện đảm bảo an toàn cho người lúc chạm vào mạng điện này không giảm đi vì trong thực tế vẫn có dòng điện rò tác dụng hoặc dòng điện điện dung do bù thiếu hoặc bù thừa đi qua người.

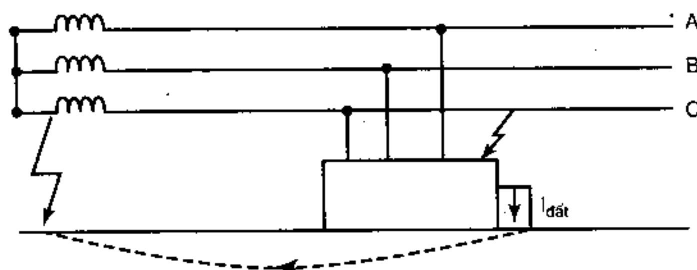
Cũng cần nói thêm là cuộn dập hồ quang có ý nghĩa về phương diện an toàn là nó giảm trị số điện áp bước và làm cho thiết bị bảo vệ chạm đất có thể thực hiện dễ dàng hơn.

– Trong vận hành mạng điện có trung tính cách điện với đất cần nhớ rằng có trường hợp điện áp đặt vào người khi chạm vào một trong các pha có thể vượt điện áp pha, đạt đến điện áp dây và tất nhiên là dòng điện rò qua người cũng tương ứng tăng lên. Thật vậy, nếu ở các thiết bị trên có một pha chạm đất thì : thứ nhất sự chạm đất này có khi phát hiện không được nhanh chóng, thứ hai mặc dù chế độ làm việc trên không khuyến khích nhưng vì phải đảm bảo cung cấp điện năng liên tục cho các phụ tải quan trọng nên vẫn phải tiếp tục làm việc cho đến khi đóng nguồn cung cấp dự trữ hay đến khi hoàn toàn chữa xong pha bị sự cố. Trong trường hợp này nếu một pha chạm đất hoàn toàn mà người chạm vào một trong hai pha còn lại sẽ bị điện áp dây tác dụng (hình 5–5).



Hình 5–5. Sơ đồ một pha chạm đất của mạng điện có trung tính cách điện khi chạm vào một trong hai pha cách điện còn tốt

– Đặc biệt nguy hiểm là chạm đất ở hai điểm. Sự cố này dễ xảy ra khi một pha bị chạm đất và đồng thời gần điểm trung tính của nguồn điện có những chỗ cách điện bị yếu mà thiết bị kiểm tra cách điện không phát hiện được. Ngắn mạch hai điểm nói trên có nhiều trường hợp bảo vệ chạm đất không tác động vì trị số dòng điện chạm đất này quá bé. Tuy nhiên điện áp đặt trên vỏ thiết bị lại có thể gây nguy hiểm đến tính mạng con người (hình 5–6).



Hình 5–6. Chạm đất ở hai điểm trong mạng điện có trung tính cách điện nối với đất

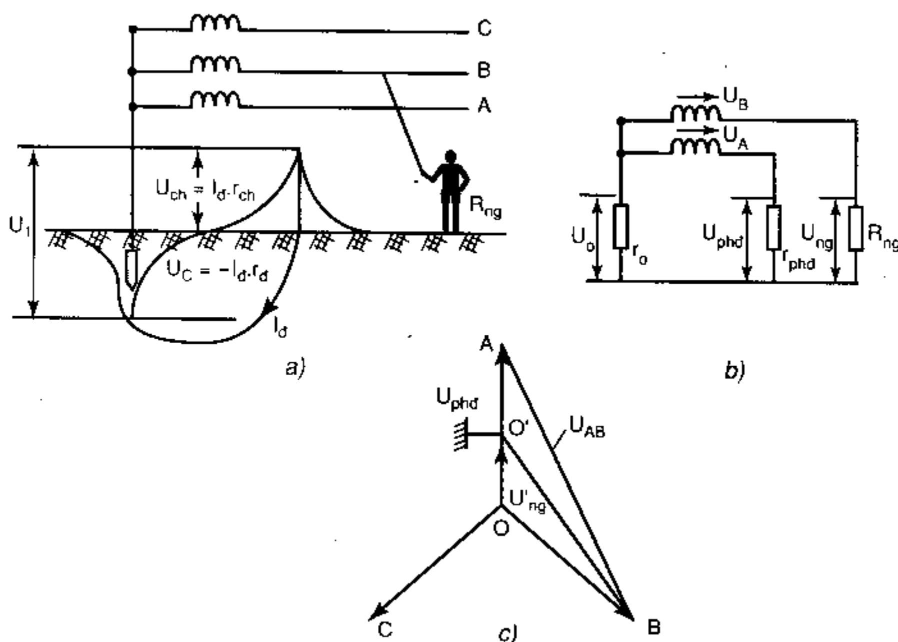
5.2. MẠNG ĐIỆN CÓ TRUNG TÍNH TRỰC TIẾP NỐI ĐẤT

5.2.1. Ý nghĩa của việc nối đất trung tính

Nối đất trung tính nhằm mục đích giảm bớt sự nguy hiểm do chạm đất gây nên, giữ không cho điện áp của các dây pha đối với đất tăng lên lúc xảy ra chạm đất. Sau đây chúng ta sẽ phân tích về ý nghĩa và mục đích nói trên.

Trong tình trạng bình thường của mạng điện ($Z_1 = Z_2 = Z_3$) điện áp của các pha đối với đất lúc trung tính nối đất trực tiếp hoặc cách điện đối với đất đều bằng điện áp pha.

Giả thiết xảy ra chạm đất pha A (hình 5–7a) và người chạm vào pha B. Nếu xem $r_o = 0$ thì từ sơ đồ thay thế (hình 5–7b) và $U_o = I_đ.r_o = 0$. Ta có điện áp đối với đất chỗ chạm đất $U_{phđ} = U_A - U_o = U_A$, còn điện áp đặt vào người $U_{ng} = U_B - U_o = U_B$



Hình 5–7. Chạm đất trong mạng điện có trung tính trực tiếp nối đất

Như vậy khi $r_o = 0$ nếu sờ vào pha cách điện còn tốt (pha B), điện áp đặt vào người chỉ là điện áp pha chứ không phải điện áp dây như ở mạng điện trung tính cách điện.

Một ưu điểm của mạng điện có trung tính nối đất là khi chạm đất đưa đến ngắn mạch một pha và cắt mạch điện. Như vậy trạng thái chạm đất đối với mạng điện có trung tính cách điện *kéo dài rất lâu* còn với mạng điện này chỉ tồn tại trong *thời gian rất ngắn* tức là thời gian cần thiết để bảo vệ tác động.

Ngoài ra, chúng ta cũng có thể kể thêm một ưu điểm của việc nối đất trung tính nữa về mặt kinh tế. Như chúng ta đã biết, điện áp pha đối với đất qua mạng điện này không vượt quá điện áp pha, cho nên cách điện của mạng, của các cuộn dây máy điện và các bộ phận dẫn điện đối với vỏ thiết bị hay với đất đều tính toán với điện áp pha, còn khi trung tính cách điện phải tính toán với điện áp dây.

Tuy nhiên cần lưu ý trong thực tế vận hành điều kiện mà $r_o = 0$ như đã xét ở trên rất khó thực hiện. Điện áp của pha A sẽ phân bố trên cả r_o và $r_{phđ}$.

Điện áp tại điểm chạm đất đối với đất bằng $U_{phđ} = I_đ r_{phđ}$ còn điểm trung tính của máy biến áp có điện áp : $U_o = I_đ r_o$. Vì thế điện áp thực tế đặt vào người sẽ lớn hơn điện áp pha (hình 5–7c).

$$U_{ng} = U_{phB} - U_o \tag{5-9}$$

hay là :

$$U_{ng} = U_{AB} - U_{phđ} > U_{pha}$$

Trị số tuyệt đối của điện áp này có thể xác định qua tam giác 00'B :

$$U_{ng} = \sqrt{U_o^2 + U_{phB}^2 - 2U_oU_{phB}\cos 120^o}$$

$$\cos 120^o = -\frac{1}{2} \text{ và } U_{phB} = U_B = U.$$

Do đó :

$$U_{ng} = \sqrt{U_o^2 + U^2 + U_oU} \tag{5-10}$$

Kết quả là với mạng điện có trung tính trực tiếp nối đất, lúc chạm đất thì điện áp của các pha còn lại đối với đất sẽ vượt quá trị số điện áp pha và đạt đến trị số điện áp đặt vào người U_{ng} tuỳ thuộc vào các đại lượng r_o và $r_{phđ}$.

Khi vận hành bình thường (không bị chạm đất) lúc người chạm vào một pha nào đó của mạng điện có trung tính trực tiếp nối đất thì điện áp đặt vào người sẽ là điện áp pha và dòng điện qua người sẽ bằng :

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng} + r_n + r_o}$$

ở đây : r_n – điện trở nền dưới chân người.

Nếu người đứng trên nền dẫn điện tốt, bỏ qua r_o vì rất bé so với R_{ng} ($\approx 1000\ \Omega$) :

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng}} \tag{5-11}$$

Đây là nhược điểm của mạng điện có trung tính trực tiếp nối đất vì ở đây điện trở cách điện của mạng không có tác dụng hạn chế dòng điện qua người ngay cả trường hợp cách điện của mạng rất tốt $r_1 = r_2 = r_3 = \infty$. Ví dụ với mạng điện có $U_{ph} = 120V$ dòng điện qua người là :

$$I_{ng} = \frac{120}{1000} = 0,12\text{ A}$$

Với trị số này dòng điện có thể gây tổn thương cho người.

5.2.2. Mạng điện với điện áp trên 1000 V

Mạng điện cao áp, ví dụ 110kV, 220kV thường có trung tính trực tiếp nối đất. Khi nối đất trung tính cách điện đối với đất có thể giảm thấp, như vậy sẽ kinh tế. Với loại mạng điện 110kV, 220kV về phương diện an toàn mà nói cũng rất khuyến khích nối đất trung tính. Khi trung tính không nối đất, nếu xảy ra chạm đất một pha thì tình trạng này kéo dài rất lâu vì dòng điện dung rất bé rơle bảo vệ không tác động. Ở gần chỗ chạm đất sẽ xuất hiện sự phân bố điện áp rất nguy hiểm và điện áp phân bố tồn tại rất lâu. Ngược lại nếu trung tính trực tiếp nối đất thì với các cấp điện áp kể trên dòng điện chạm đất nhất định sẽ rất lớn và đủ để bảo vệ dòng điện tác động và cắt chỗ bị sự cố.

Ngoài ra, ở trạng thái bình thường của mạng điện này khi chạm vào một pha mức độ nguy hiểm đều như nhau dù trung tính có nối đất hay cách điện đối với đất không ảnh hưởng gì đến việc lựa chọn một chế độ làm việc của trung tính.

Đối với các cấp điện áp nói trên (110, 220kV), chỉ có một hiện tượng không tốt là lúc vỏ thiết bị bị chọc thủng, dòng điện đi vào thiết bị nối đất làm việc và nối đất bảo vệ rất lớn, khi chạm vỏ hay chạm đất trong mạch điện chỉ còn dòng điện thứ tự không. Dòng điện ổn định của ngắn mạch một pha trong mạng điện 110kV đạt tới trị số hàng ngàn ampe.

Như vậy muốn đảm bảo tính ổn định nhiệt cho hệ thống nối đất thì hệ thống này phải làm rất đắt tiền. Mặt khác trên hệ thống nối đất sẽ có thế hiệu lớn đối với đất. Thế hiệu này có thể chuyển sang mạng có điện áp dưới 1000V nếu các mạng này nối đất chung.

Dòng điện chạm đất lớn sẽ làm cho bảo vệ cắt nhanh tác động (0,035 ÷ 0,12 giây) và điện thế xuất hiện cũng tồn tại trong thời gian rất ngắn nhưng tình trạng này đối với mạng điện áp dưới 1000V cũng vẫn nguy hiểm vì ở đấy người phải tiếp xúc luôn luôn với thiết bị. Có thể khắc phục hiện tượng này bằng cách thực hiện nối đất riêng cho hai mạng điện trên 1000V và dưới 1000V. Đối với mạng điện điện áp 35kV thường có trung tính cách điện hoặc nối đất qua cuộn bù điện dung. Cuộn bù điện dung có ưu điểm là giảm trị số điện áp bước và làm cho thiết bị nối đất dễ dàng thực hiện hơn.

Đối với mạng điện điện áp 6 ÷ 10kV trung tính máy phát điện thường nối đất qua điện trở tác dụng, còn máy biến áp thường không nối đất.

Về phương diện an toàn nối đất trực tiếp trung tính máy phát ở các cấp điện áp này không có lợi. Mạng điện này có điện dung đối với đất không lớn.

Trường hợp chạm vào một pha thì trung tính cách điện hoặc nối đất trực tiếp mức độ nguy hiểm sẽ khác nhau. Nếu trung tính cách điện dòng điện qua người sẽ bị hạn chế bởi điện trở cách điện và điện dung nên trong một số trường hợp không bị giật còn trong mạng trung tính trực tiếp nối đất dòng điện qua người chỉ bị hạn chế bởi điện trở của người nên thường rất nguy hiểm.

5.2.3. Mạng điện với điện áp dưới 1000 V

Như trên đã phân tích : với mạng điện 35kV trở lên điều kiện chạm vào một pha không ảnh hưởng gì đến việc chọn chế độ làm việc của trung tính. Mức độ nguy hiểm lúc chạm một pha của mạng điện ở các cấp điện áp này thường thường đối với mạng có trung tính nối đất hay không nối đất đều giống nhau.

Hơn nữa trường hợp chạm vào các mạng điện này rất hiếm khi xảy ra. Ngược lại với mạng điện dưới 1000V hiện tượng chạm vào một pha xảy ra thường xuyên. Vì thế chọn chế độ làm việc với trung tính trực tiếp nối đất phải thận trọng vì dòng điện chạm đất khép kín qua mạch vòng có điện trở rất bé (nếu bỏ qua điện trở của nền thì trong mạch ngoài điện trở người chỉ còn điện trở của nối đất làm việc, điện trở này rất bé). Dòng điện này không an toàn đối với người (xác định bằng biểu thức 5–11). Dòng điện chạm đất một pha trong mạng có trung tính nối đất cách điện bé hơn nhiều vì ở đây có điện trở cách điện hạn chế dòng điện nói trên (biểu thức 5–5).

Cần chú ý là khi trung tính trực tiếp nối đất với mạng điện áp trên 1000V nếu xảy ra chạm đất sẽ biến thành ngắn mạch một pha và bảo vệ sẽ tác động cắt nhanh chỗ bị sự cố. Nhưng với mạng điện điện áp bé hơn 1000V thì tình trạng chạm đất này sẽ thường kéo dài như ở mạng có trung tính cách điện. Tình trạng này rõ ràng là nguy hiểm cho người và cách điện của thiết bị. Để chứng minh điều này có thể xét ví dụ sau :

Giả thiết chạm đất một pha xảy ra trong mạng 380/220V có trung tính nối đất trực tiếp và $r_o = 4\ \Omega$. Điện trở chỗ chạm đất $r_{phđ} = 12\ \Omega$ (lấy trị số bé nhất nếu xét trường hợp chạm vào dây nối thiết bị).

Khi đó dòng điện chạm đất sẽ bằng :

$$I_đ = \frac{380}{\sqrt{3}(12 + 4)} = 13{,}7\ \text{A}$$

Dòng điện này chỉ làm chảy dây chảy của cầu chì có dòng điện định mức từ 4 ÷ 6A, trong khi đó các mạng điện ở xí nghiệp thường đặt cầu chì có dây chảy với dòng điện định mức từ 10 ÷ 15A.

Điện áp đối với đất của các pha còn lại có thể tăng gần bằng điện áp dây.

Theo quy trình thiết bị điện thì hiện nay mạng điện 380/220V có trung tính nối đất phải thực hiện đồng thời hai loại bảo vệ : bảo vệ nối đất và bảo vệ nối dây trung tính. Thực hiện cả hai biện pháp bảo vệ trên còn có lí do khác là :

a) Cách điện đối với đất của dây rất khó thực hiện vì chiều dài của dây không thường lớn (khoảng ba lần dây pha).

b) Việc kiểm tra cách điện của dây "không" rất khó.

c) Để biến mạng này thành loại điện áp thấp (380/220V) có thể sử dụng mắc vào đấy các loại đèn và khí cụ điện khác.

Kết luận chung

Qua phân tích ở trên chúng ta rút ra kết luận về vấn đề an toàn trong mạng điện ba pha như sau :

1. Đối với các thiết bị động lực và thắp sáng có điện áp trên và dưới 1000V trung tính trực tiếp nối đất hoặc không nối đất về mặt tổn thương do dòng điện gây nên đều nguy hiểm cả.

2. Phương pháp đúng đắn và an toàn hơn cả là tăng cường trình độ kĩ thuật vận hành.

a) Thường xuyên kiểm tra cách điện bằng điện áp tăng cao, xem xét, sửa chữa thiết bị đúng kế hoạch và đều đặn.

b) Sử dụng rộng rãi những loại bảo vệ tác động nhanh, thường dùng bảo vệ quá dòng điện tác động nhanh kết hợp với TĐL và TĐD.

c) Chấp hành nghiêm chỉnh nguyên tắc "không sờ mó vào vật mang điện áp".

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Phân tích an toàn trong mạng điện ba pha có trung tính cách điện.
2. Phân tích an toàn trong mạng điện ba pha có trong tính cách điện với điện dung lớn.
3. Phân tích an toàn trong mạng điện ba pha có trung tính trực tiếp nối đất.

CHƯƠNG 6
BẢO VỆ NỐI ĐẤT

6.1. MỤC ĐÍCH VÀ Ý NGHĨA CỦA VIỆC NỐI ĐẤT

Mục đích nối đất là để đảm bảo an toàn cho người lúc chạm vào các bộ phận có mang điện áp.

Khi cách điện bị hư hỏng những phần kim loại của thiết bị điện hay các máy móc khác thường trước kia không có điện, bây giờ có thể mang hoàn toàn điện áp làm việc. Khi chạm vào chúng, người có thể bị tổn thương do dòng điện gây nên. Nối đất là để giảm điện áp đối với đất của những bộ phận kim loại của thiết bị điện đến một trị số an toàn đối với người. Những bộ phận này bình thường không mang điện áp nhưng có thể do cách điện bị chọc thủng nên có điện áp xuất hiện trên chúng. Như vậy *nối đất là sự chủ định nối điện các bộ phận của thiết bị điện với hệ thống nối đất* v.v...

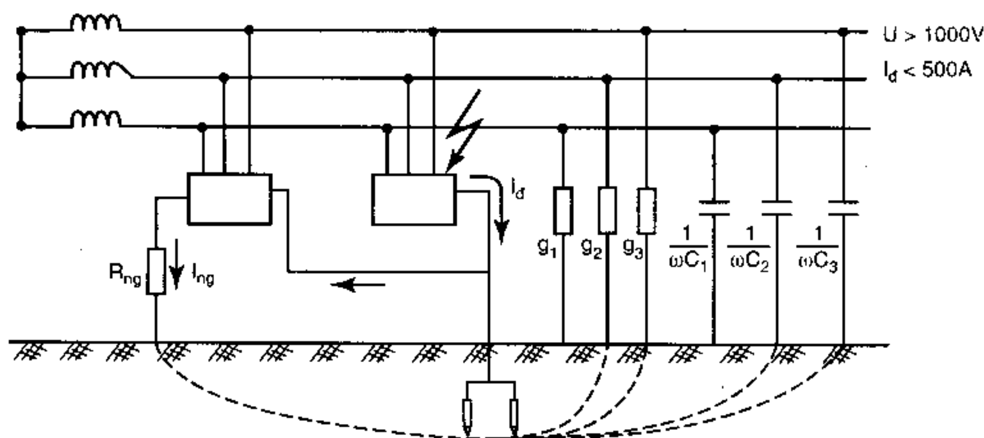
Hệ thống nối đất bao gồm các thanh nối đất và dây dẫn để nối đất.

Ngoài nối đất để đảm bảo an toàn cho người còn có loại nối đất với mục đích xác định chế độ làm việc của thiết bị điện. Loại nối đất này gọi là nối đất làm việc. Ví dụ như nối đất trung tính máy biến áp, máy phát điện, nối đất chống sét để bảo vệ chống quá điện áp, nối đất thu lôi để bảo vệ chống sét đánh trực tiếp v.v...

Thường việc nối đất có những công dụng khác nhau như đã kể trên người ta nối chúng lại thành một hệ thống nối đất (trừ những cột thu lôi đứng riêng – cột thu lôi độc lập).

Nối đất riêng cho các thiết bị là không hợp lí và nguy hiểm vì khi chạm đất ở hai điểm tạo nên thế hiệu nguy hiểm trên phần nối đất của thiết bị, trong trường hợp này hay có dòng điện bé xuất hiện, trị số của dòng điện này không đủ để cho bảo vệ chạm đất làm việc.

Khi hệ thống nối đất có chạm đất ở hai điểm sẽ biến thành ngắn mạch hai pha đưa đến tự động cắt chỗ bị hư hỏng (hình 6–1).



Hình 6–1

6.2. NỐI ĐẤT TẬP TRUNG

Ý nghĩa của nối đất tập trung có thể xét trên hình vẽ dưới đây (hình 6–2). Giả thiết, thiết bị điện được nối vào mạch điện một pha hay mạch điện một chiều. Vỏ thiết bị được nối đất, nghĩa là nối với ống kim loại hay thanh kim loại đặt trong đất...

Người có điện dẫn g_{ng} khi chạm vào vỏ thiết bị có cách điện bị chọc thủng sẽ mắc song song với điện dẫn của dây nối đất và điện dẫn của dây dẫn g_1, đồng thời mắc nối tiếp với điện dẫn g_2 của dây dẫn 2 đối với đất.

Kí hiệu $g' = g_1 + g_{ng} + g_đ$.

Điện dẫn tổng của mạch điện :

$$g = \frac{g' g_2}{g' + g_2} = \frac{(g_1 + g_đ + g_{ng})g_2}{g_1 + g_đ + g_{ng} + g_2}$$

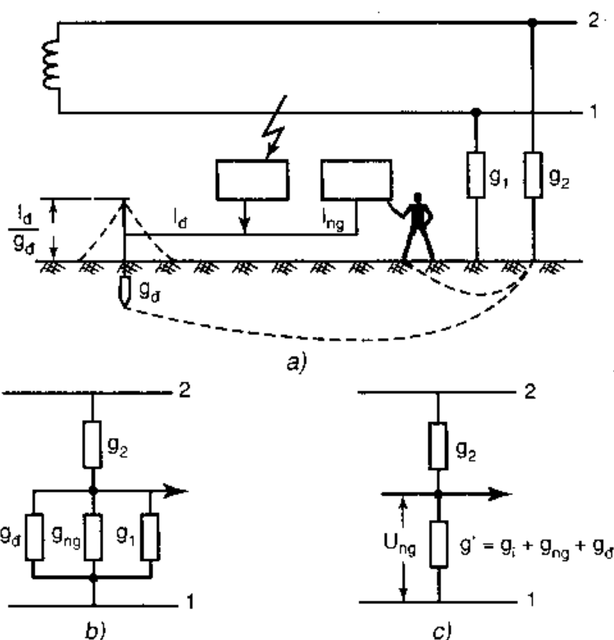
Điện áp đặt vào người xác định theo tỉ số sau :

$$\frac{U_{ng}}{U} = \frac{g}{g'} = \frac{(g_1 + g_đ + g_{ng})g_2}{(g_1 + g_đ + g_{ng} + g_2)(g_1 + g_đ + g_{ng})}$$

$$U_{ng} = \frac{Ug_2}{g_1 + g_đ + g_{ng} + g_2}$$

Dòng điện đi qua người :

$$I_{ng} = U_{ng}\, g_{ng} = \frac{Ug_2 g_{ng}}{g_1 + g_đ + g_{ng} + g_2}$$



Hình 6–2. Bảo vệ nối đất trong mạng điện hai dây

Bỏ qua các trị số g_1, g_2 và g_{ng} dưới mẫu số vì chúng rất bé so với $g_đ$ chúng ta có :

$$I_{ng} = \frac{Ug_2 g_{ng}}{g_đ} \qquad (6\text{–}1)$$

Kết luận

Muốn giảm giá trị dòng điện qua người thì có thể hoặc giảm điện dẫn của người g_{ng} hoặc giảm điện dẫn cách điện của dây dẫn g_2, hoặc tăng điện dẫn của vật nối đất $g_đ$. Việc tăng điện dẫn của vật nối đất là dễ dàng, đơn giản và có thể làm được.

Ý nghĩa của việc nối đất ở đây là tạo nên giữa vỏ thiết bị và đất một mạch điện có mật độ dẫn điện lớn để cho dòng điện đi qua người khi chạm vào vỏ thiết bị có cách điện bị chọc thủng trở nên không nguy hiểm đối với người.

Từ hình vẽ 6–2 chúng ta thấy bảo vệ nối đất tập trung đạt yêu cầu khi :

$$U_{ng} = \frac{I_d}{g_d} = I_d r_d \leq U_{txcp} \qquad (6–2)$$

U_{txcp} – điện áp tiếp xúc cho phép.

Hệ số tiếp xúc α ở đây có thể xem bảng 1.

Nếu trị số g_d bé, hệ thống nối đất chỉ đem lại nguy hiểm khi một trong các thiết bị bị chọc thủng cách điện qua vỏ, toàn bộ thế hiệu nguy hiểm sẽ đặt vào hệ thống nối đất.

Điều kiện an toàn (6–2) có thể thực hiện bằng hai cách :

1. Giảm dòng điện I_d bằng cách tăng cách điện của mạng điện.

2. Giảm điện trở nối đất r_d bằng cách dùng nhiều vật nối đất cắm trong đất bùn có điện dẫn lớn.

Tuy nhiên trong thực tế điều kiện (6–2) rất khó thực hiện do điện trở suất của đất quá lớn hay dòng điện đi vào hệ thống nối đất rất lớn. Để khắc phục điều nói trên ta cần phải dùng hệ thống nối đất hình lưới (hình vòng).

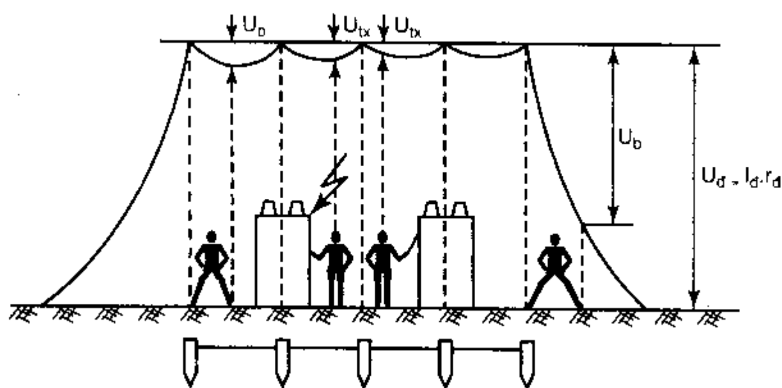
6.3. NỐI ĐẤT HÌNH LƯỚI (hình vòng)

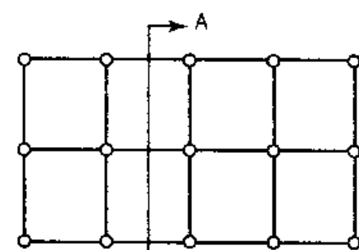
Điều kiện an toàn trong trường hợp cách điện bị chạm vỏ và có dòng điện đi qua vật nối đất vào đất được xác định bằng *điện áp tiếp xúc và điện áp bước*. Những điện áp này không vượt quá trị số giới hạn nào đấy để đảm bảo an toàn cho người.

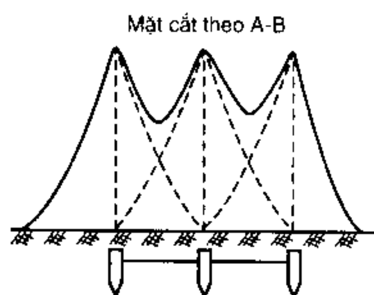
Như trên đã xét càng gần vật nối đất điện áp tiếp xúc càng bé còn đối với điện áp bước thì ngược lại.

Dùng một thanh nối đất hay nhiều thanh nối đất đặt tập trung vào một chỗ thì lúc có dòng điện chạm đất I_d đi qua điện áp phân bố trên mặt đất rất không lợi (chương 1). Muốn đồng thời giảm điện áp tiếp xúc và điện áp bước chỉ bằng cách nối đất hình lưới (hình vòng). Trên hình vẽ 6–3 thực hiện các ống cắm theo chu vi và ở giữa vùng đất cần phải bảo vệ. Khi đó điện áp tiếp xúc và điện áp bước giảm xuống thấp đảm bảo an toàn cho người vận hành.

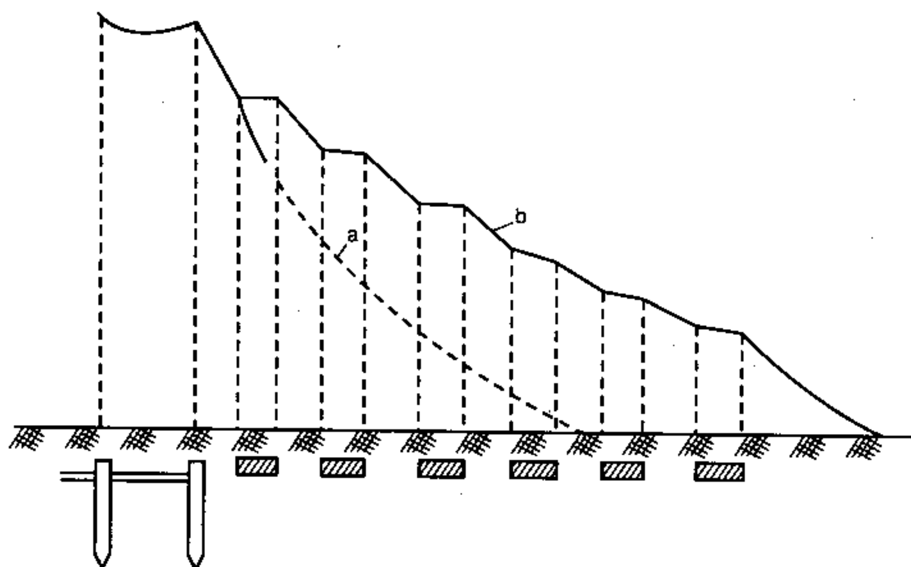
Mặt cắt AB (hình 6–3 c) chỉ cách xây dựng đường thế hiệu của mỗi ống nối đất riêng rẽ, và sau đấy cộng tất cả tung độ của các đường cong này lại sẽ có mạng phân bố điện áp cho hệ thống nối đất trong vùng bảo vệ (đường đậm nét).







Hình 6–3. Nối đất hình lưới (hình vòng)



Hình 6–4. Cách cân bằng điện áp ở gần mạng lưới

Trên hình (6–3 a) chúng ta thấy rất nhiều điểm trên mặt đất có thế cực đại (các điểm nằm trên trục thẳng của vật nối đất), cho nên thế giữa các điểm trong vùng bảo vệ chênh lệch rất ít do đó giảm được điện áp tiếp xúc cũng như điện áp bước.

Điều chú ý là ngoài vùng bảo vệ của mạng lưới nối đất, đường phân bố điện áp vẫn có độ dốc lớn nên điện áp bước nguy hiểm. Để tránh sự nguy hiểm của điện áp bước dọc theo đường ngoài mạng lưới nối đất người ta chôn các tấm bằng sắt và các tấm sắt này không nối với mạng lưới nối đất (hình 6–4).

6.4. LĨNH VỰC DÙNG BẢO VỆ NỐI ĐẤT

6.4.1. Thiết bị điện áp dưới 1000V

Khi dùng bảo vệ nối đất trong thiết bị điện áp dưới 1000V cần xác định chế độ làm việc trung tính. Khi trung tính cách điện đối với đất thì ở mạng điện này dùng bảo vệ nối đất mới thuận lợi. Nếu trung tính trực tiếp nối đất thì bảo vệ nối đất được thay thế bằng bảo vệ nối dây không (phần sau sẽ nói rõ hơn).

– Khi mạng điện có trung tính cách điện, điện áp đối với đất lớn hơn 150V (nghĩa là mạng điện 220, 380, 500V) đều phải đặt bảo vệ nối đất trong tất cả nhà sản xuất và thiết bị ngoài trời không phụ thuộc vào điều kiện môi trường. Những bộ phận bình thường không mang điện áp như : vỏ thiết bị bằng kim loại, khung của khí cụ điện, máy điện và thiết bị phân phối, hộp đầu cáp, vỏ và ống bảo vệ dây dẫn cũng như cáp đều phải đặt bảo vệ nối đất.

– Khi điện áp đối với đất bé hơn, ví dụ từ 65V ÷ 150V (có nghĩa là điện áp 110V) chỉ cần đặt bảo vệ nối đất cho các trường hợp sau :

a) Nhà có nguy hiểm đặc biệt.

b) Nhà có khả năng cháy nổ.

c) Thiết bị ngoài trời.

Những nơi sản xuất khác cùng cấp điện áp nói trên chỉ cần dùng bảo vệ nối đất cho các bộ phận bằng kim loại mà con người luôn phải tiếp xúc trong vận hành như tay cầm, cần điều khiển khí cụ điện v.v...

– Khi điện áp bé hơn 65V không cần dùng bảo vệ nối đất trừ trường hợp đặc biệt có quy trình riêng.

Thiết bị bảo vệ nối đất không cần thiết nếu trong điều kiện vận hành khi sự nguy hiểm do đồng thời chạm vào phần dẫn điện và vỏ thiết bị có cách điện bị chọc thủng. Thiết bị điện trong nhà ở, nơi cửa hàng có nền nhà không dẫn điện (bằng gỗ, nhựa đường ...) không cần đặt bảo vệ nối đất nếu điện áp dưới 220V.

6.4.2. Thiết bị điện áp trên 1000V

Đối với thiết bị điện áp trên 1000V bảo vệ nối đất phải dùng trong mọi trường hợp không phụ thuộc chế độ làm việc của trung tính và loại nhà xưởng.

6.5. ĐIỆN TRỞ NỐI ĐẤT, ĐIỆN TRỞ SUẤT CỦA ĐẤT, CÁC ĐIỀU KIỆN LÀM VIỆC CỦA VẬT NỐI ĐẤT KHI ĐẶT TRONG ĐẤT

6.5.1. Điện trở nối đất

Điện trở của đất đối với dòng điện đi từ vật nối đất vào đất gọi là điện trở phân tán. Điện trở này gồm hai thành phần : điện trở đường đi của dòng điện phân tán vào đất và điện trở tiếp xúc giữa vật nối đất và đất. Điện trở tiếp xúc giữa đất và đất rất bé vì trước lúc thi công bề mặt của vật nối đất được cạo sạch, còn đất đã được nện chặt. Do vậy điện trở phân tán của đất đối với dòng điện đi vào đất chính là điện trở của bản thân đất mà thôi.

Điện trở phân tán và điện trở các dây dẫn hay thanh nối đất hợp lại thành điện trở suất nối đất. Điện trở nối đất có thể xác định bằng công thức :

$$r_đ = \frac{U_đ}{I_đ}$$

Điện trở phân tán và tất nhiên điện trở nối đất phụ thuộc vào điện trở của đất. Như trên đã nói, điện trở đất lớn nhất là ở những điểm gần vật nối đất chỗ dòng điện đi vào đất. Xuất phát từ điều nói trên cần tìm phương pháp làm điện dẫn nối đất được tốt bằng cách cải tạo những lớp đất gần vật nối đất.

6.5.2. Điện trở suất của đất

Điện trở đất là nhân tố chính quyết định điện trở phân tán nối đất cho nên cần nghiên cứu bản chất của nó.

Để thuận lợi chúng ta xét điện trở suất của đất.

Điện trở suất tính bằng Ω.cm hay Ω.m. Do thành phần đất phức tạp nên điện trở suất của đất thay đổi trong phạm vi rất rộng. Thực nghiệm cho thấy điện trở suất của đất phụ thuộc vào các yếu tố sau :

1. Thành phần của đất.

2. Độ ẩm của đất.

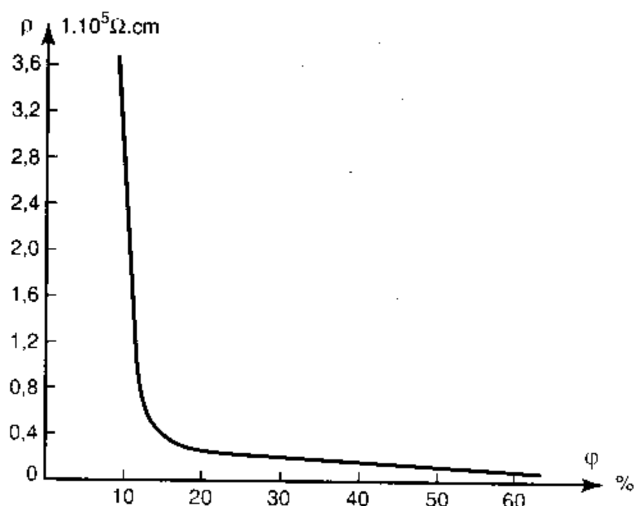
3. Nhiệt độ của đất.

4. Độ chặt của đất.

5. Nồng độ muối, axit... chứa trong đất.

Vì có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến điện trở suất của đất cho nên cùng một loại đất có thể có các điện trở suất rất khác nhau.

Độ ẩm ảnh hưởng rất lớn đến điện trở suất của đất (hình 6–5).



Hình 6–5. Sự phụ thuộc của điện trở suất của đất vào lượng độ ẩm tính bằng phần trăm

Ở trạng thái hoàn toàn khô ráo có thể xem điện trở suất của đất có trị số vô cùng lớn. Khi tỉ lệ độ ẩm từ 15% trở lên thì ảnh hưởng của độ ẩm đến điện trở của đất không còn đáng kể. Tuy nhiên lúc độ ẩm lớn hơn 70–80% điện trở đất có thể tăng lên. Điều này có thể giải thích là đất đã ở trạng thái bão hoà và ổn định.

Nhiệt độ lúc hạ thấp sẽ làm cho đất như bị đông kết lại do đó điện trở đất tăng lên rất nhanh.

Khi nhiệt độ đất nhỏ hơn 100°C điện trở đất bị giảm xuống vì các chất muối bây giờ hoà tan trong đất. Ở nhiệt độ trên 100°C nước bị bốc hơi và điện trở tăng lên rất nhanh. Về điểm này nhiệt lượng do dòng điện chạm đất tạo nên có ý nghĩa rất quan trọng.

Khi đất chặt tức là mật độ đất lớn nên điện trở giảm. Chính vì thế cần nện chặt đất quanh chỗ chôn vật nối đất. Các chất muối, bazơ, axit hoà tan trong đất làm điện trở của đất giảm đi rất nhiều.

Tóm lại ta thấy rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến điện trở của đất và tính cho thật chính xác rất khó. Vì thế khi thiết kế cần tính toán hệ thống nối đất, chúng ta có thể dùng số liệu có sẵn để tính sơ bộ và sau đấy hiệu chỉnh lại.

6.6. HÌNH DÁNG CỦA CÁC VẬT NỐI ĐẤT

6.6.1. Cọc nối đất hình ống hay hình thanh chữ nhật

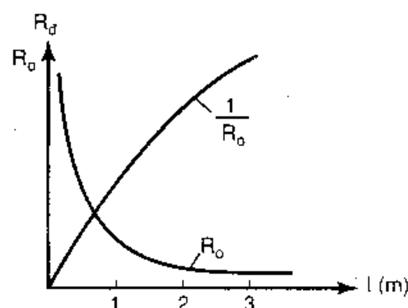
Với cọc nối đất riêng rẽ điện trở phân tán có thể tính như sau : khi ống hay thanh nối đất cắm sâu xuống đất cả toàn bộ chiều dài (cm).

$$R_o = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$$

d – đường kính của ống hay của thanh, cm ;

ρ – điện trở suất của đất Ω.cm.

Kinh nghiệm cũng như tính toán cho thấy rằng điện trở phân tán của vật nối đất giảm xuống khi càng tăng độ dài của chúng (hình 6–6). Nhưng lúc chiều dài vượt quá 2 ÷ 3m thì điện trở giảm xuống không rõ rệt. Đường kính của ống nối đất ảnh hưởng rất ít đến điện trở phân tán. Vì vậy đường kính các ống thường lấy vào khoảng 35 ÷ 50 mm để đảm bảo độ bền cơ học.



Hình 6–6. Điện trở phân tán của vật nối đất

6.6.2. Vật nối đất hình thanh mỏng

Những thanh sắt mỏng dùng để nối đất với nhau hay nối các cọc nối đất với các thiết bị cần nối đất. Những thanh sắt mỏng này là vật nối đất phụ.

Điện trở phân tán của thanh mỏng này được tính theo công thức :

$$R_t = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{l^2}{h - \frac{b}{2}}$$

ρ – điện trở suất của đất Ω.cm ;

l – chiều dài của thanh, cm ;

h – chiều dài chôn xuống đất, cm ;

b – chiều rộng của thanh, cm.

Chiều rộng và nhất là bề dầy ít ảnh hưởng đến trị số của điện trở phân tán.

Các thanh này thường được chôn sâu xuống đất khoảng 0,4 – 0,6m.

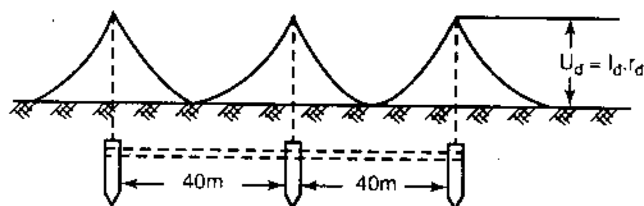
Nếu cần dùng thanh tròn vẫn có thể tính theo công thức trên nhưng cần thay b = 4r.

6.6.3. Nối đất hình vòng

Yêu cầu đối với thiết bị nối đất là phải có độ điện dẫn đủ lớn để có trị số điện áp tiếp xúc và điện áp bước an toàn đối với người, đồng thời phải làm việc lâu dài và chắc chắn. Yêu cầu trên không thể đáp ứng được khi sử dụng các cọc nối đất riêng rẽ.

Để giảm điện trở phân tán và làm cho điện áp trong vùng nối đất phân bố được đều đặn cần nối nhiều cọc và dùng thanh sắt dẹt nối chúng lại.

Giả thiết chúng ta có n cọc nối đất được đóng dưới đất thuần nhất và khoảng cách giữa các cọc là 40m (hình 6–7). Trong trường hợp này trường của dòng điện chạy trong một cọc nào đấy không bị ảnh hưởng trường dòng điện chạy trong các cọc bên cạnh, vì chúng ta đã biết thế của một điểm nào đó đối với đất ở cách vật nối đất 20m bằng không.



Hình 6–7. Cách bố trí các thanh nối đất theo mạch vòng

Trong các điều kiện xét trên chúng ta có điện trở tổng của vòng nối đất :

$$r_đ = \frac{R_o}{n}$$

R_o – điện trở phân tán của một cọc nối đất.

Trong thực tế cách nối đất như trên (mỗi cọc nối đất đặt cách nhau 40 m) không được sử dụng vì ý nghĩa của nối đất hình vòng cần làm cho trường của dòng điện chạy trong cọc này cắt ngang trường của dòng điện chạy trong cọc đặt bên cạnh nó. Thường trong thực tế thi công người ta đặt các cọc cách nhau một khoảng bằng chiều dài của một cọc. Điện dẫn tổng của các cọc nối đất sẽ giảm đi. Điện trở của mạch vòng tính theo công thức :

$$r_d = \frac{R_o}{n\eta}$$

η – hệ số sử dụng của các cọc nối đất.

Hệ số sử dụng phụ thuộc hình dáng của cọc nối đất, số lượng và cách bố trí các cọc. Trị số thường cho sẵn.

6.6.4. Vật nối đất tự nhiên

Như trên đã nói cần lợi dụng vật nối đất tự nhiên như vỏ cáp, ống dẫn nước, các kết cấu bằng kim loại của các toà nhà... Những vật nối đất tự nhiên này được nối vào thiết bị nối đất chính thành một hệ thống chung.

Nối đất chung các vật nối đất tự nhiên còn có một tác dụng tốt khác là để đảm bảo an toàn cho người khi chạm đồng thời vào các vật nối đất tự nhiên và các vỏ thiết bị vì lí do nào đấy có điện áp xuất hiện trên chúng và sự đụng chạm này thường hay xảy ra.

Cách xác định điện trở phân tán của các vật nối đất tự nhiên :

a) Hệ thống "Dây chống sét – cột điện" đường dây tải điện.

Khi số lượng cột bé hơn 20 :

$$R_{HT} = \sqrt{R.r}.\mathrm{cth}\left(\sqrt{\frac{r}{R}}n\right)$$

Khi số lượng cột bằng 20 hoặc lớn hơn :

$$R_{HT} = \sqrt{Rr}$$

ở đây : R – điện trở nối đất của cột điện đường dây;

r – điện trở tác dụng của dây chống sét trên một đoạn dài bằng khoảng vượt ;

n – số lượng cột dùng dây chống sét.

b) Ống dẫn (với chiều dài dưới 2km) :

$$R_{HT} = \frac{\rho}{2\pi l}\ln\frac{l^2}{2r_o b}$$

ở đây : ρ – điện trở suất của đất Ω.cm ;

l – chiều dài của ống dẫn, cm ;

r_o – đường kính ngoài của ống dẫn, cm ;

b – chiều cắm sâu xuống đất, cm.

c) Vỏ cáp (và ống dẫn dưới 2km) :

$$R_{HT} = \sqrt{R.r_d}.\text{cth}\left(\sqrt{\frac{r_d}{R}}l\right)$$

ở đây : R – điện trở phân tán của vật nối đất đối với 1 cm trên chiều dài của nó (R = 1,69 Ω) ;

l – chiều dài của vật nối đất (cáp), cm ;

r_d – điện trở tác dụng đối với 1 cm của vật nối đất (vỏ cáp) Ω/cm.

Khi chúng ta có chùm cáp với n sợi cùng tiết diện, điện trở tổng có thể tính theo công thức gần đúng :

$$R_\Sigma = \frac{R_o}{\sqrt{n}}$$

ở đây : R_Σ – điện trở của chùm cáp ;

R_o– điện trở của một sợi cáp.

6.7. TÍNH TOÁN BẢO VỆ NỐI ĐẤT

Tính toán bảo vệ nối đất nhằm xác định :

– Các tham số chính của thiết bị nối đất (số cọc, cách bố trí) xuất phát từ trị số an toàn của điện áp tiếp xúc và điện áp bước.

– Bề mặt của các vật nối đất và tiết diện thanh dẫn dùng cho thiết bị nối đất và các nhánh rẽ xuất phát từ yêu cầu ổn định nhiệt.

6.7.1. Xác định điện trở nối đất

Điện áp của các vật nối đất đối với đất :

$$U_d = I_d . r_d$$

Điện áp tiếp xúc cho phép :

$$U_{txcp} = \alpha U_d$$

Do đó điện trở phân tán trong đất có thể xác định như sau :

$$r_d = \frac{U_{txcp}}{I_d \alpha}$$

ở đây : I_d – dòng điện từ thanh nối đất đi vào đất khi cách điện bị chọc thủng, tính bằngA.

α – hệ số tiếp xúc.

Phương trình viết trên là phương trình chính để tính toán nối đất và có thể áp dụng cho mọi trường hợp. Để tính toán r_d chúng ta phải biết được U_{txcp}, I_d và hệ số tiếp xúc α.

Điện áp tiếp xúc cho phép phải lấy phù hợp theo loại nhà cửa.

a) Nhà cửa có khả năng nguy hiểm không cao : 65V.

b) Nhà cửa có khả năng nguy hiểm cao : 36V.

c) Nhà cửa có khả năng đặc biệt nguy hiểm : 12V.

Dòng điện chạm đất tính toán I_d sẽ lấy dòng điện thực tế có thể đi qua thanh nối đất vào đất khi đã biết cụ thể thông số của mạng điện.

Hệ số tiếp xúc α cho sẵn.

Để đơn giản tính toán theo quy tắc hiện hành cho phép tính trực tiếp trị số r_d.

– Đối với thiết bị dưới 1000V :

$r_d \leq 4\ \Omega$ – trong mọi trường hợp ;

$r_d \leq 10\ \Omega$ – chỉ cho mạng điện nông thôn, công cộng nếu :

a) Công suất nguồn điện không quá 100kVA.

b) Cầu chì đặt ở đầu vào không quá 25A.

– Đối với thiết bị trên 1000V :

$r_d \leq 10\ \Omega$ cho các cột bằng sắt của các đường dây điện đi qua các vùng có dân cư và cho các cột có trang bị chống sét ;

$r_d \leq \frac{250}{I_d} \leq 10\ \Omega$ cho thiết bị nối với mạng điện có dòng điện chạm đất bé (< 500 A) ;

$r_d \leq 0{,}5\ \Omega$ cho thiết bị nối với mạng điện có dòng điện chạm đất lớn (> 500 A).

Khi bị nối đất dùng chung cho cả mạng điện điện áp trên 1000V có dòng chạm đất bé và mạng điện điện áp dưới 1000V thì $r_d \leq \frac{125}{I_d}$ và kiểm tra lại theo điều kiện $r_d \leq 14\ \Omega$.

Trong trường hợp lấy $r_d \leq 0{,}5\ \Omega$ dù có dùng thiết bị nối đất tự nhiên hay không vẫn cần phải nối đất nhân tạo với điện trở không lớn hơn 1Ω.

Các tiêu chuẩn tính toán trên là dựa trên cơ sở sau đây :

Với thiết bị điện, điện áp dưới 1000V như đã xét ở trên, bảo vệ nối đất chỉ dùng cho mạng điện có trung tính cách điện đối với đất. Khi điện dung của mạng điện này bé, dòng điện chạy qua thanh nối đất vào đất lúc vỏ thiết bị bị chọc thủng. Dòng điện này đi qua điện trở tác dụng của cách điện. Trong trường hợp này khi mạch điện có nhiều nhánh rẽ, dòng điện chạm đất vẫn có trị số lớn hơn 8 ÷ 12A. Với giả thiết như vậy cách điện bị giảm xuống rất nhanh và đưa đến chạm đất ở hai điểm, rơle bảo vệ sẽ cắt mạng điện.

Chúng ta lấy dòng cực đại có thể là $I_d = 8 \div 12A$, lấy điện áp tiếp xúc $U_{tx} = 36V$ ($U_{tx} = 36V$ xem như điện áp tiếp xúc cho phép với mạng điện áp dưới 1000V). Như vậy chúng ta có thể tính được điện trở nối đất tiêu chuẩn :

$$r_d = \frac{36}{9} = 4\ \Omega$$

Tăng tiêu chuẩn điện trở lên $10\ \Omega$ đối với mạng điện nông nghiệp, phục vụ công cộng vì các mạng điện này được cung cấp bằng máy phát hoặc máy biến áp có công suất bé và bản thân không dài lắm, cho nên dòng điện rò qua thanh nối đất có trị số bé, như vậy điện áp tiếp xúc cũng có trị số bé.

– Tính điện trở r_d cho mạng điện có U > 1000V với dòng chạm đất bé $r_d \leq 10\Omega$ vì các lí do sau :

a) Tiếp xúc với thiết bị điện của mạng này thường là kĩ thuật viên có trình độ cao.

b) Có các phương tiện bảo vệ như đệm cao su cách điện, găng tay cao su cách điện...

c) Có mạng nối đất vòng.

– Lấy điện trở tiêu chuẩn $r_đ \leq 0,5\ \Omega$ cho thiết bị nối vào mạng điện điện áp lớn hơn 1000V có dòng điện chạm đất lớn vì :

a) Dòng chạm đất này có tính chất nhất thời và chính là dòng điện chạm một pha đất, bảo vệ dòng điện cực đại sẽ tác động và cắt mạch điện.

b) Trong mạng điện này nhất định có mạch vòng nối đất để điện áp trong vùng được bảo vệ phân bố đều.

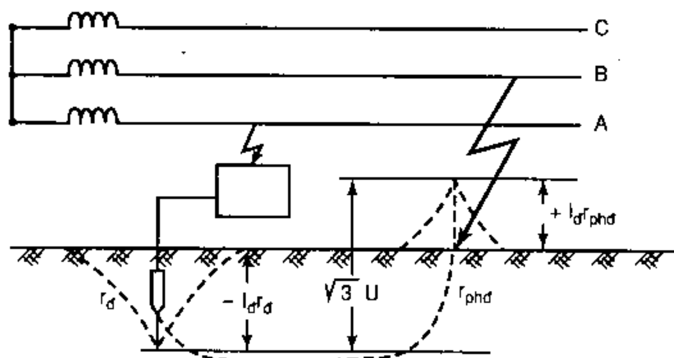
c) Có phương tiện bảo vệ phụ như đã nói ở trên.

6.7.2. Xác định dòng điện tính toán

Các trị số điện trở tiêu chuẩn đã tính ở trên cần phải thử lại theo điều kiện an toàn :

$$r_đ = \frac{U_{txcp}}{I_đ \alpha}$$

Nếu lấy điện trở tiêu chuẩn $r_đ \leq 4\ \Omega$ cho thiết bị điện áp dưới 1000V ứng với trường hợp dòng điện chạm đất (dòng điện rò) $I_đ = 8 \div 12A$, điện áp tiếp xúc $U_{tx} = (8 \div 12V)$ hoặc $(32 \div 48V)$ thì lúc dòng điện chạm đất có trị số lớn hơn trị số đã xét ở trên, tiêu chuẩn sẽ không còn đúng nữa. Để làm ví dụ chúng ta xét mạng điện có trung tính cách điện, không có thiết bị kiểm tra cách điện thường xuyên. Trong mạng điện này có thể xảy ra trường hợp một pha bị chạm vỏ thiết bị, đồng thời pha khác bị chạm đất (hình 6–8).



Hình 6–8

Ở tình trạng sự cố này dòng điện chạm đất đi qua thanh nối đất có thể tồn tại lâu dài :

$$I_đ = \frac{\sqrt{3}U}{r_đ + r_{phđ}}$$

ở đây : $r_đ$ – điện trở phân tán của thanh nối đất, Ω ;

$r_{phđ}$ – điện trở phân tán tại chỗ chạm đất, Ω.

Theo thí nghiệm của Ma–nôi–lốp và Xây-ma có thể lấy trị số bé nhất của $r_{phđ}$ bằng 10 Ω. Như thế dòng điện chạm đất tính toán lớn nhất sẽ là :

$$I_đ = \frac{\sqrt{3}U}{r_đ + 10}$$

Mặt khác chúng ta có :

$$I_đ = \frac{U_{txcp}}{r_đ\alpha}.$$

Giải chung hai phương trình này sẽ tìm được điện trở $r_đ$ thoả mãn cả hai điều kiện an toàn và kinh tế.

Cần chú ý là trường hợp ngắn mạch hai pha (một pha này chạm vào vỏ thiết bị đồng thời pha khác cũng chạm vào vỏ thiết bị) quy trình không xét đến vì dạng ngắn mạch không tồn tại lâu.

Khi có hệ thống nối đất chung, nếu xảy ra dạng ngắn mạch trên bảo vệ ngắn mạch sẽ cắt mạch điện và điện áp phân bố trong khi ngắn mạch tương đối an toàn cho người.

Đối với mạng điện có điện áp lớn hơn 1000V với dòng điện chạm đất bé (theo bất đẳng thức $r_đ \le \frac{250}{I_đ}$) dòng điện chạm đất tính toán lấy bằng dòng điện chạm đất của sơ đồ nào mà $I_đ$ có trị số lớn nhất.

Đối với mạng điện có trung tính cách điện, dòng điện tính toán $I_đ$ là dòng điện điện dung I_o lúc xảy ra chạm đất một pha. Dùng công thức gần đúng :

$$I_o = \frac{\sqrt{3}U(35\,l_c + l_đ)}{350}$$

ở đây : U – điện áp pha, kV ;

l_c – tổng chiều dài của cáp có nối điện với nhau, km ;

$l_đ$ – tổng chiều dài của các đường dây trên không có nối điện với nhau, km.

Đối với mạng điện có đặt cuộn bù dòng điện điện dung chỉ lấy phần dòng điện đi qua thanh nối đất làm trị số dòng điện tính toán (chọn trường hợp dòng điện này có trị số lớn nhất).

6.7.3. Tính toán các thông số chính của hệ thống nối đất

Giả thiết chúng ta dùng các hình thanh dẹt hay hình ống.

Số lượng cọc nối đất :

$$n = \frac{R}{r_d \eta} .$$

ở đây : R – điện trở phân tán của một cọc nối đất cắm vào đất ở điều kiện xấu nhất ;

r_d – điện trở của thiết bị nối đất theo điều kiện an toàn ;

η – hệ số sử dụng thiết bị nối đất.

Trong tính toán sơ bộ R có thể xác định theo công thức đã biết :

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$$

Trong thiết kế có thể đo R trực tiếp và quy về điều kiện dẫn điện kém nhất :

$$\rho_{tt} = \rho_d \psi$$

ở đây : ρ_{tt} – điện trở suất tính toán ;

ρ_d – điện trở suất đo được trên thực tế ;

ψ – hệ số tính toán điện trở của đất, đặc trưng cho khả năng tăng điện trở của đất theo mùa trong năm ;

r_d – điện trở phân tán của các cọc nối đất.

Trị số η có thể tìm bằng đường cong hoặc tra bảng phụ thuộc chiều dài, đường kính và cách bố trí các cọc nối đất.

6.7.4. Kiểm tra ổn định nhiệt của cọc nối đất và các thanh dẫn dùng để nối hệ thống nối đất

Hệ thống nối đất có thể bị hư hỏng do dòng điện đi qua quá lớn làm cho nước bốc hơi và điện dẫn bé đi hoặc làm cháy chỗ tiếp xúc giữa các thanh dẫn với nhau.

Để tránh hiện tượng trên phải kiểm tra ổn định nhiệt của hệ thống nối đất.

– Đối với thiết bị nối với mạng điện có dòng điện chạm đất lớn, quy trình cho phép kiểm tra ổn định nhiệt nối đất ở chế độ ngắn hạn :

$$S > 0,12I_d\sqrt{\rho t}$$

ở đây : S – diện tích tiếp xúc với đất của cọc nối đất, cm^2 ;

I_d – dòng điện chạm đất tính toán, A ;

ρ – điện trở suất của đất mùa khô ráo, Ω.cm ;

t – thời gian tồn tại chạm đất, s (thời gian cắt của bảo vệ chính lúc ngắn mạch giữa các pha).

Dòng điện chạm đất tính toán lấy bằng dòng điện ổn định chạm đất một pha đi qua cọc nối đất và trường hợp có trị số lớn nhất.

Nếu dòng điện chạm đất có hệ số tắt dần lớn thì lúc tính toán không lấy thời gian thực tế mà thay bằng thời gian đẳng trị t_{dt} tìm bằng đồ thị.

– Đối với mạng điện có dòng chạm đất bé chỉ kiểm tra ổn định nhiệt theo công thức trên nếu dòng điện này có trị số tương đối lớn. Ví dụ như cọc nối đất tính toán theo dòng khởi động của bảo vệ rơle hay dòng điện làm chảy dây chảy của cầu chì.

– Đối với thiết bị ở điện áp bé hơn 1000V không cần kiểm tra ổn định nhiệt cọc nối đất vì dòng điện chạm đất có trị số bé.

Với thanh dẫn và dây dẫn dùng trong hệ thống nối đất cần kiểm tra ổn định nhiệt do phát nóng ngắn hạn theo hai trường hợp :

a) Với thiết bị có dòng điện chạm đất lớn.

b) Với thiết bị có dòng điện chạm đất bé mà dòng điện này tính toán theo dòng khởi động của rơle.

Với ý nghĩa trên dùng công thức sau :

$$S \geq \sqrt{\frac{I_\infty^2 t}{a\varphi}}$$

ở đây : S – tiết diện cho phép bé nhất của thanh dẫn hay dây dẫn, mm^2 ;

I_∞ – dòng điện ổn định lúc chạm đất một pha, A ;

t – thời gian tồn tại của dòng điện chạm đất một pha, s ;

φ – nhiệt độ cho phép lúc phát nóng ngắn hạn (với thép = 400^oC) ;

a – hằng số cho phép (với thép – 21, nhôm – 74, đồng – 172) ;

Ngoài hai trường hợp trên kiểm tra thanh dẫn và dây dẫn về ổn định nhiệt theo phương pháp phát nóng bình thường. Nhiệt độ giới hạn cho phép của thanh dẫn hay dây dẫn bằng 150^oC khi đặt trên mặt đất và 100^oC – dưới mặt đất, còn trị số của I_d tính như ở mục 6.7.2.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Trình bày mục đích và ý nghĩa của việc nối đất ?
2. Nêu các hình thức nối đất.
3. Các lĩnh vực dùng bảo vệ nối đất ? Cách tính toán bảo vệ nối đất ?

CHƯƠNG 7

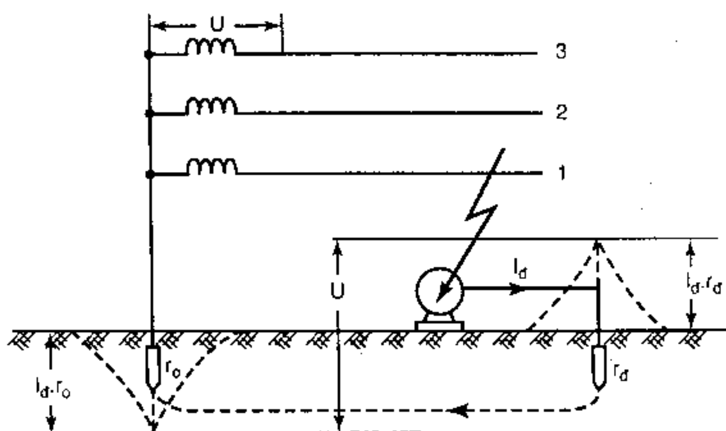
BẢO VỆ NỐI DÂY TRUNG TÍNH

7.1. Ý NGHĨA CỦA BẢO VỆ NỐI DÂY TRUNG TÍNH

Bảo vệ nối dây trung tính tức là thực hiện nối các bộ phận không mang điện áp với dây trung tính, dây trung tính này được nối đất ở nhiều chỗ. Bảo vệ nối dây trung tính dùng thay cho bảo vệ nối đất trong các mạng điện 4 dây điện áp thấp 380/220V và 220/110V nếu trung tính của các mạng này *trực tiếp nối đất*.

Ý nghĩa của việc thay thế này là xuất phát từ chỗ bảo vệ nối đất dùng cho mạng điện dưới 1000V khi trung tính có nối đất không đảm bảo điều kiện an toàn. Điều này có thể giải thích bằng ví dụ sau đây :

Hình 7–1 vẽ sơ đồ bảo vệ nối đất cho mạng điện dưới 1000V. Lúc cách điện của thiết bị bị chọc thủng ra vỏ sẽ có dòng điện đi vào đất tính theo biểu thức gần đúng :



Hình 7–1. Bảo vệ nối đất cho mạng điện điện áp dưới 1000V có trung tính nối đất

$$I_đ = \frac{U}{r_đ + r_o}$$

ở đây : U – điện áp pha của mạng điện ;

$r_đ$ – điện trở của thanh nối đất ;

r_o – điện trở nối đất làm việc.

Trị số dòng điện này (khi điện áp dưới 1000V) không phải lúc nào cũng đủ để cho dây chảy của cầu chì bị chảy hay làm cho bảo vệ tác động cắt chỗ bị hư hỏng.

Ví dụ chúng ta có mạng điện 380/220V, $r_o = r_đ = 4\ \Omega$.

Như vậy dòng điện đi qua đất :

$$I_đ = \frac{220}{4+4} = 27{,}5A.$$

Với trị số dòng điện như vậy chỉ làm chảy dây chảy của loại cầu chì bé với dòng điện định mức :

$$I_{ccđm} = \frac{27{,}5}{2 \div 2{,}5} = 14 \div 11A.$$

Nếu dòng điện nói trên tồn tại lâu thì trên vỏ thiết bị có điện áp bằng :

$$U_đ = I_đ r_đ = \frac{U r_đ}{r_o + r_đ} \qquad (7\text{–}1)$$

Nếu $r_o = r_đ$ điện áp có trị số bằng nửa điện áp pha và ở điều kiện khác còn có thể có trị số lớn hơn.

Giảm điện áp này đến mức độ an toàn bằng cách chọn đúng sự tương quan giữa r_o và $r_đ$:

$$\frac{r_o}{r_đ} = \frac{U - 40}{40}$$

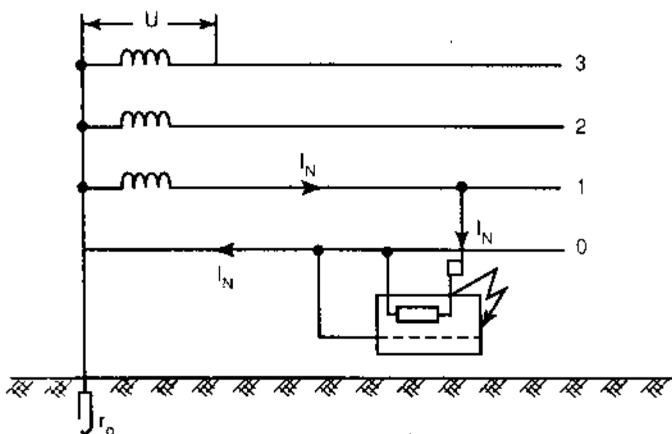
Trị số 40V là điện áp giáng trên vỏ thiết bị nếu xảy ra chạm vỏ. Theo quy trình điện trở $r_đ$ lấy bằng 4 Ω cho mạng điện áp bé hơn 1000V. Dòng điện đi qua vỏ thiết bị vào đất lấy trường hợp có trị số lớn nhất là 10A. Vì thế $U_đ$ = 10.4 = 40V. Điện áp này có thể xem là an toàn cho người lao động không phải là người có nghề điện.

Tuy nhiên cần chú ý rằng, khi một pha xảy ra chạm vỏ thiết bị, điện áp của hai pha còn lại đối với đất có thể tăng lên đến trị số không cho phép. Như ở chương bảo vệ nối đất đã xét, điện áp sẽ bằng :

$$U' = \sqrt{(U-40)^2 + U^2 + (U-40)U}$$

Với mạng điện 380/220V điện áp này bằng 347V.

Ta tăng dòng điện I_d đến trị số nào đấy để bảo vệ có thể cắt nhanh chỗ bị sự cố thì mới đảm bảo được an toàn. Biện pháp đơn giản nhất là dùng dây dẫn nối vỏ thiết bị với dây trung tính (hình 7–2).



Hình 7–2. Sơ đồ dùng bảo vệ nối dây trung tính

Như vậy mục đích của nối dây trung tính là biến sự chạm vỏ thiết bị thành ngắn mạch một pha để bảo vệ làm việc cắt nhanh chỗ bị hư hỏng.

7.2. PHẠM VI ỨNG DỤNG BẢO VỆ NỐI DÂY TRUNG TÍNH

Bảo vệ nối dây trung tính dùng cho mạng điện 4 dây điện áp bé hơn 1000V có trung tính nối đất.

Trong các mạng điện nói trên bảo vệ nối dây trung tính dùng cho mọi cơ sở sản xuất không phụ thuộc vào môi trường xung quanh.

Với mạng điện 4 dây điện áp 220/127V bảo vệ nối dây trung tính chỉ cần thiết cho các trường hợp sau :

1. Xưởng đặc biệt nguy hiểm về mặt an toàn.

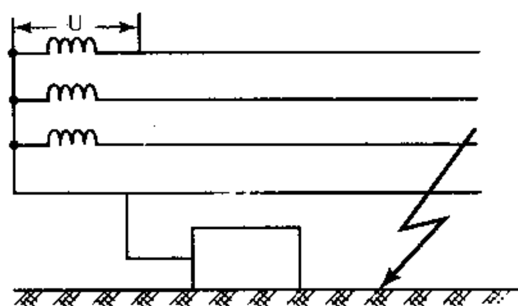
2. Thiết bị đặt ngoài trời.

Ngoài ra với điện áp 220/127V cũng dùng bảo vệ nối dây trung tính cho các chi tiết bằng kim loại mà người hay chạm đến như tay cầm, tay quay cũng như vỏ động cơ điện, nếu các động cơ này nối trực tiếp với các máy phay, máy bào là những máy móc người hay tiếp xúc với chúng. Đối với các phòng làm việc, nhà ở có nền nhà cao ráo thì thiết bị dùng điện áp 380/220V và 220/127V không cần thiết phải dùng bảo vệ nối dây trung tính.

7.3. NỐI ĐẤT LÀM VIỆC VÀ NỐI ĐẤT LẶP LẠI

Khi dùng bảo vệ nối dây trung tính, dây trung tính này sẽ được nối đất ở đầu nguồn (nối đất làm việc) và nối đất lặp lại trong từng đoạn của toàn mạng (nối đất lặp lại).

Bảo vệ nối dây trung tính không thể dùng được nếu dây trung tính không nối đất vì nếu xảy ra chạm đất ở chỗ nào đấy sẽ làm cho vỏ thiết bị nối với dây trung tính có điện áp gần bằng điện áp pha (hình 7–3).



Hình 7–3. Sơ đồ mạng điện 4 dây, trung tính không nối đất

Điện trở của nối đất làm việc cần thực hiện bé hơn 4 Ω, để hạn chế điện áp của dây trung tính đối với đất khi có xâm nhập điện áp từ điện áp cao sang điện áp thấp (máy biến áp) cũng như lúc xảy ra chạm đất của một pha nào đấy ở phía hạ áp.

Phải nối đất lặp lại trong mạng điện vì các lí do sau :

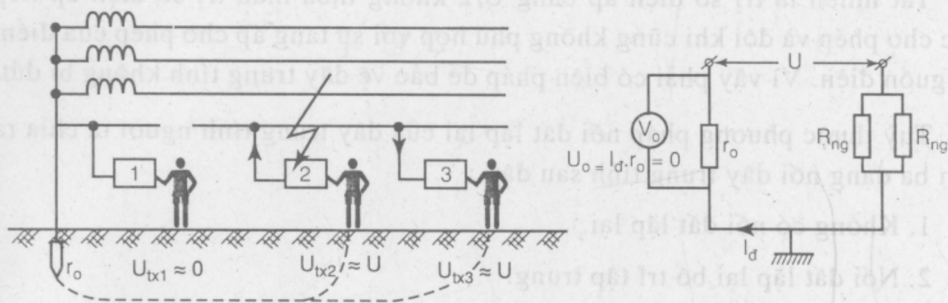
a) Giảm điện áp của dây trung tính đối với đất nếu xảy ra chạm vỏ thiết bị.

b) Giảm nhẹ được chế độ sự cố ở trường hợp dây trung tính bị đứt.

Nếu không dùng nối đất lặp lại và xảy ra hiện tượng chạm vỏ thiết bị ở sau chỗ đứt (hình 7–4), mạch khép kín của dòng điện sự cố đã xét trên không còn nữa và bây giờ điện áp của tất cả thiết bị sau chỗ đứt đều mang điện áp pha.

$$U_{tx2} = U_{tx3} \approx U$$

$$U_{tx1} = 0$$



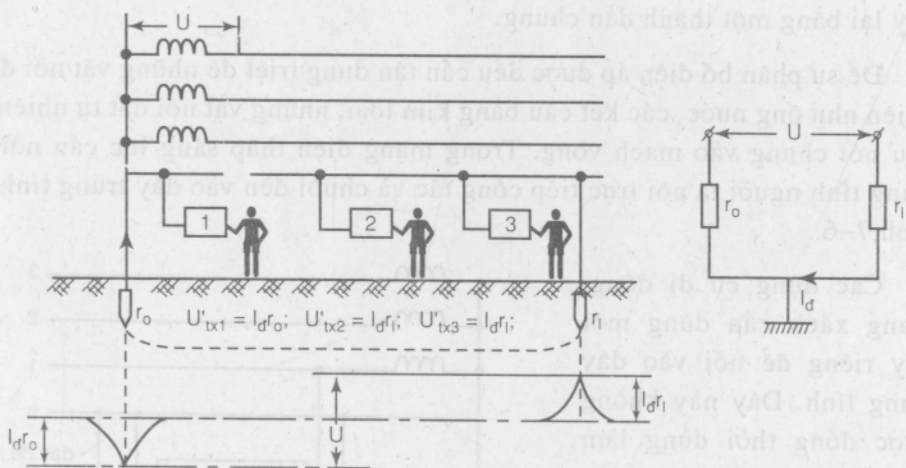
Hình 7–4. Sơ đồ nối điện lúc dây trung tính bị đứt mà không có nối đất lặp lại

Khi có nối đất lặp lại điện áp tiếp xúc sẽ giảm (hình 7–5) :

$$U_{tx2} = U_{tx3} \approx I_d r_l = \frac{U r_l}{r_l + r_o}$$

Điện áp tiếp xúc của thiết bị ở trước quãng đứt :

$$U'_{tx1} = I_d r_o = \frac{U r_o}{r_l + r_o}$$



Hình 7–5. Sơ đồ nối điện lúc dây trung tính bị đứt có nối đất lặp lại

Kết quả của nối đất lặp lại là làm cho sự phân bố thế của thiết bị trước chỗ bị đứt và sau chỗ bị đứt được đều hơn. Nếu $r_o = r_l$ điện áp tiếp xúc bằng U/2 cả ở hai phía của chỗ đứt.

Tất nhiên là trị số điện áp bằng U/2 không thoả mãn trị số điện áp tiếp xúc cho phép và đôi khi cũng không phù hợp với sự tăng áp cho phép của điểm 0 nguồn điện. Vì vậy phải có biện pháp để bảo vệ dây trung tính không bị đứt.

Tuỳ thuộc phương pháp nối đất lặp lại của dây trung tính người ta chia ra làm ba dạng nối dây trung tính sau đây :

1. Không có nối đất lặp lại.

2. Nối đất lặp lại bố trí tập trung.

3. Nối đất lặp lại bố trí hình mạng lưới.

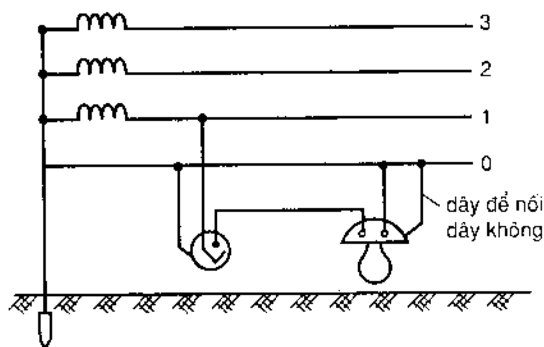
Quy trình hiện nay cho phép không dùng nối đất lặp lại cho mạng điện dùng cáp. Với mạng cáp sẽ có lõi riêng dùng làm dây trung tính hoặc dùng ngay vỏ kim loại của cáp làm dây trung tính.

Nối đất lặp lại bố trí tập trung quy định dùng cho các mạng điện đường dây trên không để phòng trường hợp dây trung tính có thể bị đứt. Quy trình quy định phải nối đất lặp lại ở hai đầu đường dây trên không và các chỗ mạch rẽ của đường dây trên một đoạn dài 1 ÷ 2km.

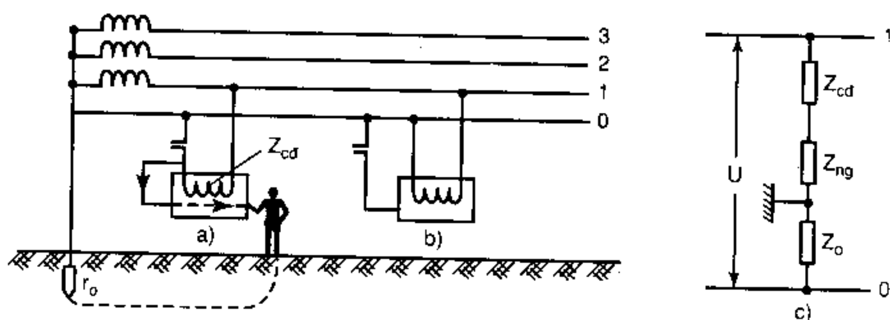
Không phụ thuộc kết cấu của mạng điện, đối với các thiết bị cố định nên dùng nối đất lặp lại hình mạch vòng. Dùng các thanh sắt đóng theo chu vi của phòng và nếu phòng rộng đóng thêm một dây ở giữa. Hàn tất cả các thanh sắt này lại bằng một thanh dẫn chung.

Để sự phân bố điện áp được đều cần tận dụng triệt để những vật nối đất tự nhiên như ống nước, các kết cấu bằng kim loại, những vật nối đất tự nhiên này đều nối chung vào mạch vòng. Trong mạng điện thắp sáng lúc cần nối dây trung tính người ta nối trực tiếp công tắc và chuôi đèn vào dây trung tính như hình 7–6.

Các dụng cụ di động, mang xách cần dùng một dây riêng để nối vào dây trung tính. Dây này không được đồng thời dùng làm dây dẫn điện. Nếu dùng dây trung tính dẫn điện mà dây trung tính bị đứt sẽ làm vỏ thiết bị có điện áp đối với đất gần bằng điện áp pha (hình 7–7 a).



Hình 7–6. Sơ đồ nối dây trung tính cho chuôi đèn và công tắc



Hình 7–7. Sơ đồ nối dây trung tính cho các loại dụng cụ cầm tay

Ở đây : $Z_{cđ}$ – điện trở cuộn dây của khí cụ điện.

Trong mạch của dây trung tính, không được dùng cầu chì hay các loại cầu dao khác. Muốn cắt dây trung tính chỉ có thể dùng máy cắt điện và máy cắt sẽ cắt đồng thời dây trung tính và các dây pha khác cùng một lúc.

7.4. TÍNH TOÁN BẢO VỆ NỐI DÂY TRUNG TÍNH

7.4.1. Điểm trung tính không nối đất lặp lại

– Mục đích của nối dây trung tính là biến chạm vỏ thiết bị thành ngắn mạch đưa đến cắt nhanh chỗ bị hư hỏng.

Biểu thức chính dùng để tính toán bảo vệ nối dây trung tính :

$$I_N = \frac{U}{r_k + r_{ph}} \geq 2,5I_{ccđin}$$

ở đây : $I_{cc\ đin}$ – dòng điện định mức của cầu chì trên đoạn dây cần tính toán ;

r_k – điện trở của dây trung tính (dây " không ") ;

r_{ph} – điện trở của dây pha.

Chính xác hơn chúng ta cần tính điện cảm của mạch dây trung tính và dây pha :

$$I_N = \frac{U}{\sqrt{(r_k + r_{ph})^2 + x^2}} \geq 2,5I_{ccđin} \qquad (7\text{–}2)$$

Điện kháng x có thể tính như sau :

$$x = 9,2\omega l.\lg\frac{D}{r}.10^{-4} \qquad (7-3)$$

ở đây : l – chiều dài của mạch vòng, km ;

D – khoảng cách giữa hai dây của mạch dây trung tính–dây pha, cm ;

r – bán kính của dây, cm.

Từ biểu thức (7–3) chúng ta thấy x gần như không phụ thuộc vào tiết diện dây dẫn và có thể lấy bằng 0,65 ÷ 0,75 Ω/km.

(Khi dùng áptômat có bảo vệ dòng điện cực đại thì tính theo điều kiện $I_N \geq 1,2\ I_{td}$ ở đây I_{td} – dòng điện tác động của áptômat).

– Mục đích thứ hai của bảo vệ nối dây trung tính là giảm điện áp của vỏ thiết bị đối với đất đến trị số an toàn cho người. Khi dây trung tính không có nối đất lặp lại, để đảm bảo điện áp nói trên có trị số an toàn cần thoả mãn điều kiện sau :

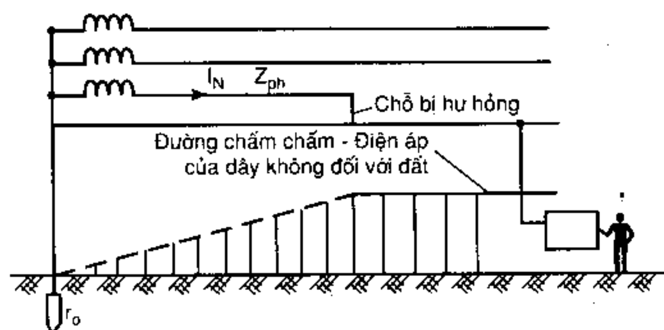
$$I_N Z_K \leq U_{txcp} \qquad (7-4)$$

ở đây : U_{txcp} – điện áp tiếp xúc cho phép ;

Z_K – tổng trở của dây trung tính, tính từ trạm biến áp đến thiết bị cần bảo vệ.

Để thoả mãn điều kiện (7–4) một cách gần đúng cần xác định tỉ lệ giữa các thông số của dây dẫn và dây trung tính (hình 7–8) như sau :

$$\frac{Z_K}{Z_{ph}} = \frac{S_{ph}}{S_K} = \frac{U_{txcp}}{U - U_{txcp}}$$



Hình 7–8. Chạm vỏ thiết bị nối dây trung tính lúc không có nối đất lặp lại

Nếu tính theo điều kiện này ngay trong trường hợp lấy $U_{txcp} = 65V$, tiết diện của dây trung tính sẽ bằng :

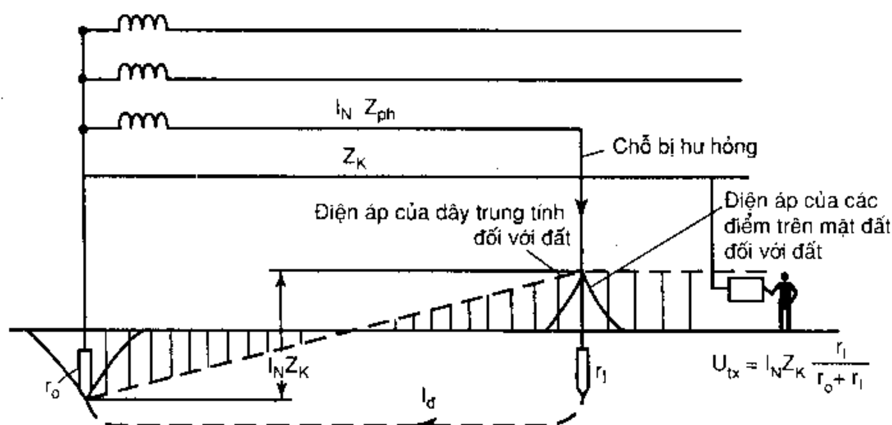
– Với mạng điện 220/127V : $S_K \approx S_{ph}$.

– Với mạng điện 380/220V : $S_K \approx 2{,}4S_{ph}$.

Như vậy rõ ràng là không hợp lí. Vì vậy quy trình cho phép lấy tiết diện dây trung tính bằng 50% tiết diện dây pha nào lớn nhất, còn tiết diện dây dùng nối từ thiết bị đến dây trung tính lấy bằng 1/3 tiết diện của dây pha cung cấp cho thiết bị.

7.4.2. Dây trung tính có nối đất lặp lại bố trí tập trung

Để giảm điện áp trên vỏ thiết bị đối với đất có thể làm đơn giản bằng cách nối đất dây trung tính lặp lại (hình 7–9).



Hình 7–9. Chạm vỏ của thiết bị nối dây trung tính lúc có nối đất lặp lại

Khi vỏ thiết bị bị chạm đất, điện áp của nó đối với đất giảm xuống chỉ còn $I_d.r_l$.

Ở đây : I_d – dòng điện chạm đất ; r_l – điện trở của nối đất lặp lại.

Có thể xem như :

$$\frac{I_N Z_K}{r_o + r_n} = \frac{I_d r_l}{r_l} = \frac{U_{tx}}{r_l}.$$

Điều kiện an toàn cho người khi bảo vệ tác động chậm hoặc không làm việc :

$$U_{tx} = I_N Z_K \frac{r_l}{r_o + r_l} \le U_{txcp} \qquad (7\text{–}5)$$

Điện áp đặt trên dây trung tính $I_N Z_K$ phụ thuộc vào tỉ số $\frac{r_l}{r_o}$.

Khi $r_l = r_o$, chúng ta có $U_{tx} = I_d r_l = \frac{I_N Z_K}{2}$ và điều kiện dễ dàng thực hiện :

$$I_N Z_K \leq 2U_{txcp}$$

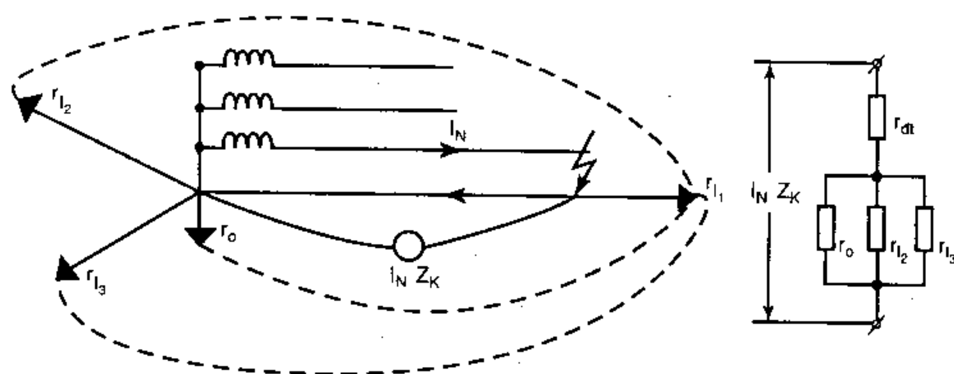
Khi $\frac{r_l}{r_o}$ càng bé hiệu quả an toàn của nối đất lặp lại càng cao.

Trong thực tế với mạng điện bình thường nếu số lượng nối đất lặp lại nhiều sẽ làm cho điện áp tiếp xúc lớn lên (hình 7–10) vì đại lượng r_o bây giờ ít ảnh hưởng đến sự phân bố điện áp.

$$U_{tx} = I_N Z_K \frac{r_{l_1}}{r_{dt} + r_{l_1}} \leq U_{txcp} \qquad (7\text{–}6)$$

ở đây : r_{l_1} – điện trở nối đất lặp lại chỗ bị hư hỏng.

r_{dt} – điện trở đẳng trị của các điện trở nối đất mắc song song r_{l_2}, r_{l_3}, r_o.



Hình 7–10. Mạng điện dùng bảo vệ nối dây trung tính có nối đất lặp lại ở nhiều chỗ

7.4.3. Dây trung tính nối đất lặp lại bố trí hình mạng vòng

Phần trên chúng ta có sử dụng biện pháp "đẳng áp" (chương "Điện áp tiếp xúc, điện áp bước") để giảm điện áp tiếp xúc. Có thể đem biện pháp này áp dụng với bảo vệ nối dây trung tính bằng cách dùng mạch nối dây trung tính có nối đất lặp lại làm một mạch vòng. Ngoài ra tận dụng tất cả các cấu trúc kim

loại tự nhiên khác nối chung với mạch vòng này ta có thể giảm điện áp tiếp xúc của vỏ thiết bị đối với đất.

Biểu thức (7–6) viết trên bây giờ có dạng sau :

$$U_{tx} = \alpha_1 I_N Z_K \frac{r_{l_1}}{r_{dt} + r_{l_1}} \leq U_{txcp} \qquad (7\text{–}7)$$

ở đây : α_1 – hệ số tiếp xúc ;

r_{dt} – điện trở đẳng trị của các nối đất lặp lại khác và r_o.

7.5. TÍNH TOÁN ĐIỆN TRỞ LÀM VIỆC R_0 CỦA BẢO VỆ NỐI DÂY TRUNG TÍNH

Trị số của điện trở làm việc r_o tính toán theo hai điều kiện sau đây :

1. Chạm đất trong mạng điện điện áp thấp.

2. Khi có điện áp cao xâm nhập điện áp thấp.

Trong mạng điện có trung tính trực tiếp nối đất nếu một pha nào đấy bị chạm đất, điện áp của hai pha còn lại đối với đất có trị số đã tính ở biểu thức 5–10.

$$U_{ng} = \sqrt{U_o^2 + U^2 + U_o U}$$

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Nêu ý nghĩa của việc bảo vệ nối dây trung tính.
2. Vì sao phải nối đất lặp lại ? Các hình thức nối đất lặp lại ?
3. Trình bày phạm vi ứng dụng của bảo vệ nối dây trung tính.
4. Chứng minh rằng trong mạng điện ba pha hạ áp có trung tính nối đất, không dùng biện pháp bảo vệ nối đất mà phải dùng biện pháp bảo vệ nối dây trung tính.

CHƯƠNG 8

SỰ NGUY HIỂM KHI ĐIỆN ÁP CAO XÂM NHẬP SANG ĐIỆN ÁP THẤP

8.1. NGUY HIỂM CỦA SỰ XÂM NHẬP ĐIỆN ÁP CAO SANG ĐIỆN ÁP THẤP

Điện áp cao xâm nhập sang điện áp thấp là sự nối điện các cuộn dây có điện áp khác nhau vì cách điện bị chọc thủng ra vỏ thiết bị hay có sự tiếp xúc trực tiếp giữa các cuộn dây này với nhau. Hiện tượng này hay xảy ra ở các máy biến áp di động cung cấp điện năng cho các đèn cầm tay, dụng cụ điện, máy hàn điện... Khi điện áp cao xâm nhập sang điện áp thấp như ở mạng điện 12 ÷ 65V rất nguy hiểm vì các mạng này có cách điện không cao.

Hiện tượng này ít xảy ra đối với các máy biến áp cố định dùng trong mạng diện động lực hay thắp sáng. Các cuộn dây điện áp khác nhau của loại máy biến áp cách điện bằng các ống bakêlit rất chắc chắn nên sự xâm nhập điện áp nói trên thường xảy ra ở đầu ra của các cuộn dây. Nhiều khi vì gió bão làm đường dây cao áp bị đứt xuống trên mạng điện hạ áp.

Thêm một trường hợp nữa để thấy sự nguy hiểm của hiện tượng xâm nhập điện áp cao sang điện áp thấp là ở các mạng điện áp thấp thường có máy biến đo lường, máy biến dòng mà người thường phải tiếp xúc luôn.

Đánh giá sự nguy hiểm của hiện tượng xâm nhập điện áp cao sang điện áp thấp để tìm ra biện pháp bảo vệ thích hợp. Biện pháp bảo vệ phụ thuộc vào chế độ làm việc của trung tính.

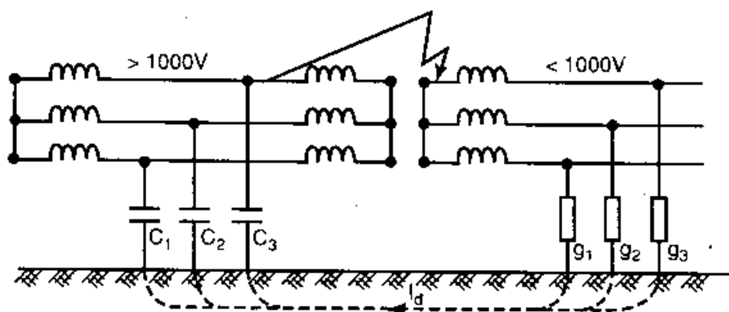
Dưới đây chúng ta phân tích một số sơ đồ điển hình thường gặp trong vận hành thực tế :

a) Giả sử chúng ta có sơ đồ cung cấp điện như hình 8–1. *Trung tính của mạng điện hạ áp cách điện đối với đất.* Khi có sự xâm nhập điện áp cao sang điện áp thấp, điểm trung tính ở điện áp thấp có trị số điện áp gần bằng điện áp pha phía cao áp và điểm trung tính đối với đất có điện áp là :

$$U_o = \frac{I_d}{g_1 + g_2 + g_3} \qquad (8-1)$$

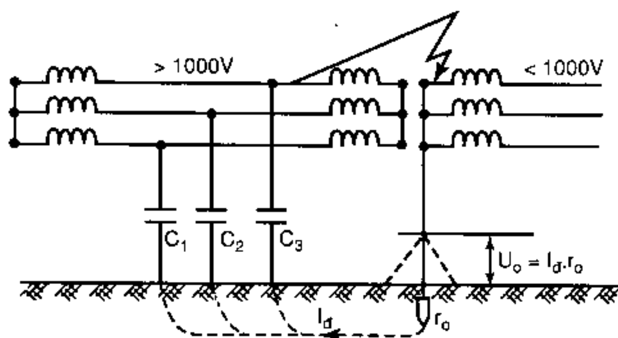
I_d – dòng điện chạm đất khép mạch qua điện dẫn của cách điện mạng điện hạ áp và điện dung của mạng điện cao áp ;

$(g_1 + g_2 + g_3)$ – điện dẫn của cách điện mạng điện hạ áp gần bằng điện dẫn của các pha nối song song với nhau.



Hình 8–1. Sự xâm nhập của điện áp cao
(trung tính của hai mạng điện đều cách điện đối với đất)

b) *Trường hợp trung tính của mạng hạ áp được nối đất trực tiếp, còn phía cao áp trung tính cách điện đối với đất như hình 8–2.*



Hình 8–2. Sự xâm nhập điện áp cao sang mạng điện có trung tính nối đất trực tiếp

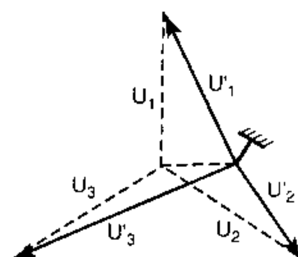
Dòng điện sự cố đi qua điện trở nối đất làm việc r_o của máy biến áp và qua các điện dung C_1, C_2, C_3 của mạng điện cao áp. Trị số điện dẫn của cách điện rất bé so với điện dẫn của thanh nối đất làm việc : $g_0 = \frac{1}{r_0}$ nên có thể bỏ qua.

Dòng điện sự cố có thể tính theo công thức :

$$I_d = \frac{3U\omega C}{\sqrt{9r_o^2\omega^2C^2 + 1}} \qquad (8\text{–}2)$$

Trung tính của mạng điện áp thấp có điện áp :

$$U_o = I_d r_o = \frac{3U\omega C r_o}{\sqrt{9r_o^2\omega^2C^2 + 1}} \qquad (8\text{–}3)$$



Hình 8–3

Khi U_o có trị số lớn có thể gây nguy hiểm cho người lúc chạm vào vỏ thiết bị nếu vỏ thiết bị cũng được nối vào dây trung tính. Điện áp các pha đối với đất bây giờ cũng thay đổi tương ứng với sự thay đổi điện áp của điểm trung tính (hình 8–3).

8.2. CÁC BIỆN PHÁP BẢO VỆ CHỐNG SỰ XÂM NHẬP CỦA ĐIỆN ÁP CAO

Như đã trình bày ở trên, các biện pháp bảo vệ phụ thuộc chính vào tình trạng làm việc của trung tính.

a) Biện pháp bảo vệ trong mạng có trung tính nối đất

Đối với trường hợp phía hạ áp trung tính nối đất biện pháp bảo vệ rất dễ thực hiện. Muốn vậy, phía cao áp cũng cần nối đất. Khi điện áp cao xâm nhập sang điện áp thấp thì sự xâm nhập này được biến thành chạm đất một pha của mạng điện cao áp, cho nên bảo vệ tác động để cắt máy biến áp khỏi bị sự cố. Để đảm bảo được điều kiện an toàn cần chọn điện trở làm việc r_o của phía hạ áp theo điều kiện $r_o \leq 4\ \Omega$.

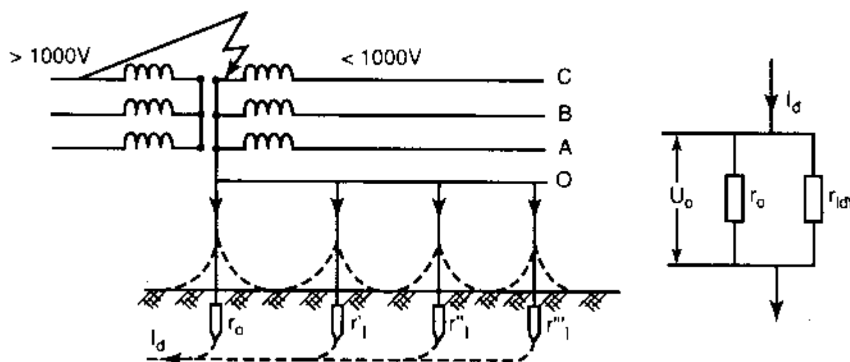
– Nếu bên cao áp làm việc với trung tính cách điện đối với đất (hình 8–2) và dòng điện điện dung lúc chạm đất một pha không đủ để bảo vệ làm việc,

dòng điện này đi qua r_o và tồn tại rất lâu. Trong khi đấy chúng ta đã biết là cả bốn dây của mạng điện hạ áp đều có điện áp đối với đất tăng lên và vỏ thiết bị nối với dây trung tính sẽ có điện áp U_o (tính theo biểu thức 8–3). Vậy biện pháp bảo vệ trong trường hợp này là chọn r_o thế nào để lúc xảy ra tăng điện áp phía hạ áp cách điện không bị hư hỏng và đảm bảo an toàn cho người lúc chạm vào vỏ thiết bị. Theo quy trình thì phải kiểm tra theo công thức :

$$r_o \leq \frac{125}{I_d} \leq 4\ \Omega$$

ở đây : I_d – dòng điện dung lúc chạm đất phía cao áp.

Cần chú ý là 125V ở biểu thức (8– 4) không phải là điện áp an toàn. Trong thực tế r_o được nối song song với các điện trở r_l của nối đất lặp lại (hình 8–4).



Hình 8–4. Đường đi của dòng điện lúc có sự xâm nhập điện áp trong mạng điện có dùng bảo vệ nối dây không

Vì thế điện áp của trung tính phía hạ áp cũng như của vỏ thiết bị được nối với dây "không" sẽ là :

$$U_o = I_d \frac{r_o r_{ldt}}{r_o + r_{ldt}} \tag{8–4}$$

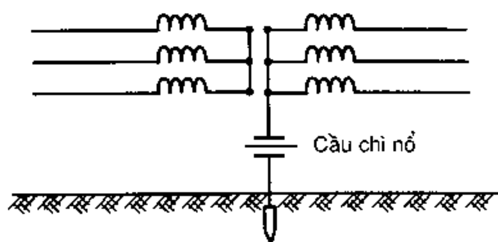
ở đây : r_{ldt} – điện trở đẳng trị của nối đất lặp lại.

b) Biện pháp bảo vệ trong mạng điện có trung tính cách điện

Để bảo vệ sự xâm nhập điện áp cao sang mạng điện điện áp thấp hơn 1000V có trung tính cách điện dùng cầu chì nổ (hình 8–5).

Cầu chì có lớp lót bằng mica cách điện và bình thường nó ngăn cách cuộn dây thứ cấp máy biến áp với đất.

Khi điện áp cao xâm nhập sang điện áp thấp thì khoảng cách không khí giữa các lớp mica và mica bị chọc thủng. Dòng điện sự cố đi qua r_o phía hạ áp (như ở trường hợp trung tính trực tiếp nối đất) và qua điện dung (hay qua trung tính nếu trung tính nối đất) của mạng điện cao áp. Biện pháp để đảm bảo an toàn cho người phục vụ và cách điện của cuộn dây hạ áp là :



Hình 8–5. Sơ đồ mắc cầu chì nổ vào trung tính

– Cắt nhanh máy biến áp nếu trung tính của bên cao áp nối đất. Quy trình quy định trị số điện trở r_o của bên hạ áp là : $r_o \leq 4\ \Omega$.

– Chọn trị số của r_o theo điều kiện an toàn nếu trung tính bên cao áp cách điện.

Trong trường hợp sau trị số r_o cần được kiểm tra theo biểu thức như của trường hợp trung tính phía hạ áp nối đất :

$$r_o \leq \frac{125}{I_d}$$

Tuy nhiên cần chú ý là trị số cho phép của U_o bây giờ hoàn toàn bằng 125V vì ở đây không có nối đất lặp lại của dây trung tính. Cách điện của mạng điện phải kiểm tra theo tiêu chuẩn 125V.

Dùng cầu chì nổ lúc điện áp phía cao áp bé hơn 3000V không được tốt vì với điện áp bé như vậy cầu chì có thể không tác động. Cầu chì nổ phải được kiểm tra ba tháng một lần, cần xem xét cẩn thận không cho bụi bám vào khe hở của cầu chì gây nên tác động nhầm lẫn. Với máy biến áp cao áp và công suất lớn dùng cầu chì nổ rất tốt. Ngoài ra còn sử dụng các loại bảo vệ khác như bảo vệ hơi, bảo vệ so lệch máy biến áp...

c) Biện pháp bảo vệ cho máy biến áp có điện áp thứ cấp là 100V hoặc bé hơn

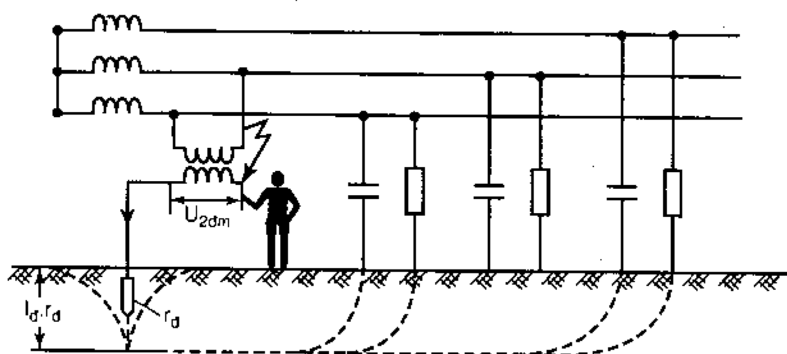
Với loại máy biến áp có điện áp cao bé hơn 1000V và điện áp thấp bé hơn 100V thì việc chống sự xâm nhập của điện áp cao bằng cầu chì nổ như kể trên không còn thích hợp nữa.

Vì thế để bảo vệ chống xâm nhập điện áp cao người ta dùng nối một trong các đầu ra của cuộn thứ cấp máy biến áp vào hệ thống nối đất hay vào dây trung tính (nếu là bảo vệ nối dây trung tính).

– Khi nối đất một trong các đầu ra của cuộn thứ cấp (hình 8–6) nếu xảy ra nối điện giữa hai cuộn dây cao và hạ áp, điện áp giáng trên thiết bị nối đất sẽ bằng

$$U_đ = I_đ \cdot r_đ$$

ở đây : $I_đ$ – dòng điện chạm đất.



Hình 8–6. Sự xâm nhập điện áp cao lúc cuộn thứ cấp nối đất

Người chạm vào cuộn thứ cấp sẽ bị tác dụng của điện áp tiếp xúc :

$$U_{tx} = U_đ + U_2$$

ở đây : U_2 – điện áp của cuộn dây thứ cấp.

Điện áp U_2 có trị số thay đổi tuỳ thuộc vào cách tiếp xúc, chiều quấn dây, tác dụng khử từ của dòng điện $I_đ$ ...Do đó để đảm bảo an toàn chúng ta tính toán với trường hợp :

$$U_2 = U_{2đm}$$

Điều kiện an toàn :

$$U_đ + U_{2đm} \leq U_{txcp} \qquad (8–5)$$

Với máy biến dòng điện cuộn thứ cấp xem như nối tắt, khi đó $U_{2đm} = 0$.

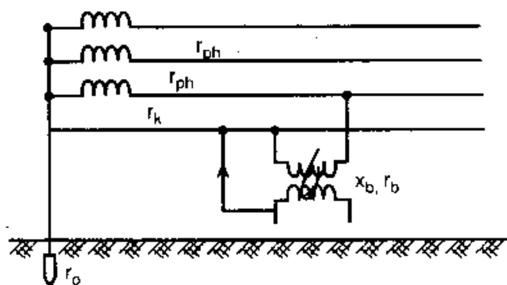
ở đây : $U_{2đm}$ – điện áp thứ cấp định mức ;

U_{txcp} – điện áp tiếp xúc cho phép.

Nếu điều kiện (8–5) không thoả mãn thì biện pháp bảo vệ trên vẫn có lợi cho loại máy biến áp có $U_{2đ} > U_{txcp}$ (máy biến áp đo lường, máy biến áp dùng cho lò...), vì điều kiện vận hành của các loại máy này không phải tiếp xúc lâu dài với chúng và với loại này thường có bảo vệ để tránh sự tiếp xúc trực tiếp với thiết bị.

Đối với loại máy biến áp dùng cho đèn cầm tay hay dụng cụ điện thường có $U_{2đm} < U_{txcp}$, nếu điều kiện (8–5) không thoả mãn thì biện pháp bảo vệ như trên không tốt và nguy hiểm.

– Khi nối một trong các đầu ra của cuộn thứ cấp với dây trung tính (hình 8–7) phải tính toán với điều kiện nếu xảy ra nối điện giữa hai cuộn dây cao áp và hạ áp thì xem như ngắn mạch và bảo vệ sẽ tác động cắt máy biến áp.



Hình 8–7. Sơ đồ nối dây trung tính cuộn dây thứ cấp của máy biến áp

Muốn vậy phải đảm bảo điều kiện :

$$I_N = \frac{U}{\sqrt{(r_{ph} + r_K + r_B)^2 + (x + x_B)^2}} \geq 2{,}5 I_{OMCC} \qquad (8\text{–}6)$$

ở đây : x_B, r_B – điện kháng và điện trở của các cuộn dây máy biến áp lúc ngắn mạch.

Trị số x_B, r_B thay đổi tuỳ theo điểm ngắn mạch cho nên tính toán theo công thức (8–6) rất khó thực hiện.

Nếu điều kiện công thức (8–6) không thoả mãn được thì biện pháp bảo vệ nối dây trung tính vẫn có lợi cho máy biến áp có $U_{2đm} > U_{txcp}$ khi đảm bảo được các điều kiện :

$$I_N z_K \frac{r_{l_1}}{r_{đt} + r_{l_1}} \leq U_{txcp}$$ – cho trường hợp nối đất lặp lại tập trung (8–7)

$$\alpha I_N z_K \frac{r_{l_1}}{r_{đt} + r_{l_1}} \leq U_{txcp}$$ – cho trường hợp nối đất theo mạch vòng (8–8)

Cần chú ý rằng khi các điều kiện (8–7) và (8–8) thoả mãn nhưng điều kiện (8–6) không thoả mãn thì biện pháp bảo vệ nối dây trung tính vẫn không có lợi đối với máy biến áp cung cấp điện năng cho các đèn cầm tay và dụng cụ điện. Không những thế việc nối dây trung tính có thể gây ra tai nạn khi tiếp xúc lúc bình thường mặc dù không xảy ra nối điện giữa hai cuộn dây cao áp và hạ áp.

Điều này có thể giải thích như sau : trong mạng điện thường có nhiều thiết bị được nối với dây trung tính và chỉ cần vỏ của thiết bị nào đấy bị chọc thủng cách điện, điện áp của dây trung tính đối với đất sẽ là :

$$U_o = I_N Z_K \frac{r_{l_l}}{r_{dt} + r_{l_l}}$$

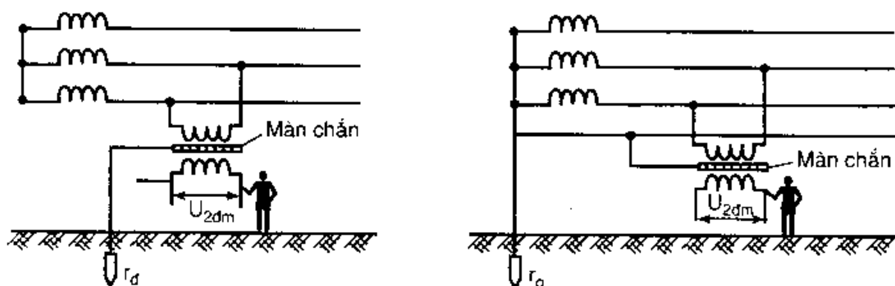
ở đây : Z_K – tổng trở của dây trung tính ;

r_{l_l} – điện trở nối đất lặp lại của đường dây cung cấp cho thiết bị có cách điện bị chọc thủng ;

r_{dt} – điện trở đẳng trị của điện trở làm việc r_o và các điện trở còn lại mắc song song với nhau.

Nếu trong tính toán lấy trị số $U_o = 36V$ thì điện áp tổng đặt vào người là $U_o + U_{2dm}$ trong trường hợp dùng đèn cầm tay hay dụng cụ điện có thể rất lớn và nguy hiểm.

Ngoài các biện pháp nối đất và nối dây trung tính như đã xét ở trên còn có thêm biện pháp nối đất phụ (hay nối dây trung tính phụ) gọi là "*cuộn dây chắn*" đặt vào giữa hai cuộn dây cao áp và hạ áp của máy biến áp. Nếu xảy ra nối điện bất ngờ thì cũng chỉ xảy ra giữa cuộn cao áp và cuộn chắn mà thôi, còn cuộn hạ áp vẫn cách điện đối với cuộn cao áp (hình 8–8).



Hình 8–8

Biện pháp bảo vệ chỉ có ý nghĩa nếu thường xuyên kiểm tra tình trạng làm việc của máy biến áp, đặc biệt là cách điện giữa cuộn dây chắn và cuộn thứ cấp máy biến áp.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Phân tích sự nguy hiểm khi điện áp cao xâm nhập sang điện áp thấp.
2. Nêu các biện pháp bảo vệ chống sự xâm nhập điện áp cao sang điện áp thấp.

CHƯƠNG 9

BẢO VỆ CHỐNG SÉT

9.1. QUÁ ĐIỆN ÁP KHÍ QUYỂN VÀ ĐẶC TÍNH CỦA SÉT

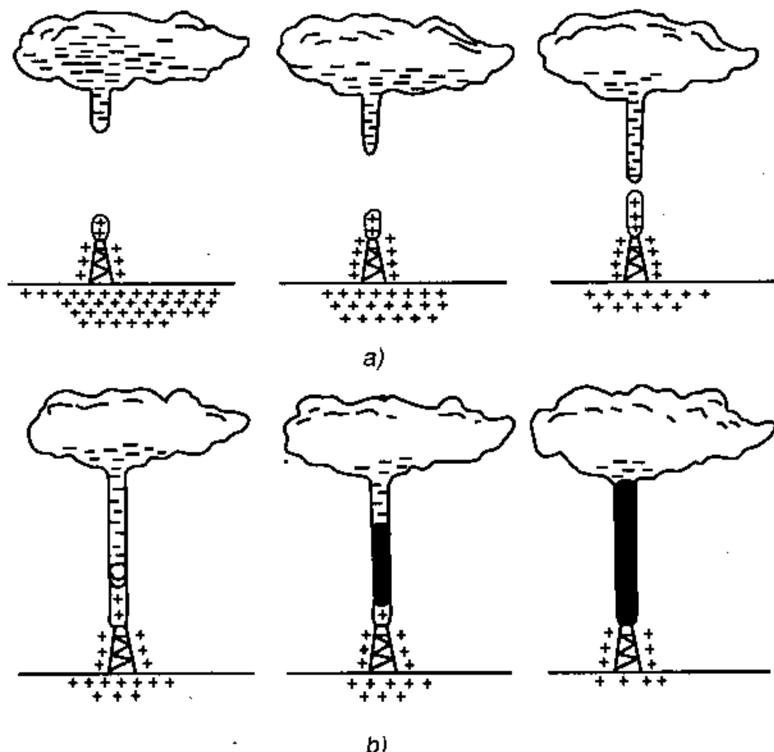
Dông sét là một hiện tượng thiên nhiên, đó là sự phóng điện trong khí quyển giữa các đám mây với nhau và giữa đám mây với mặt đất. Khi sét đánh trực tiếp hay gián tiếp vào các công trình không những làm hư hại nghiêm trọng về vật chất mà còn gây nguy hiểm đến tính mạng con người. Vì thế các công trình tùy theo mức độ quan trọng nhất thiết phải có hệ thống các thiết bị chống sét và biện pháp để bảo vệ an toàn khi có sét đánh vào.

9.1.1. Hiện tượng phóng điện sét

Sét là sự phóng điện trong khí quyển giữa các đám mây và đất, hay giữa các đám mây mang điện tích khác dấu. Trước khi có sự phóng điện của sét đã có sự phân chia và tích lũy số lượng điện tích rất lớn trong các đám mây giông do tác động của các luồng không khí nóng bốc lên và hơi nước ngưng tụ trong các đám mây. Các đám mây mang điện là do kết quả của sự phân tích các điện tích trái dấu (ion hóa tự nhiên) và tập trung chúng trong các phần khác nhau của đám mây.

Khi các lớp mây được tích điện (khoảng 80% số trường hợp phóng điện sét xuống đất điện tích của mây có cực tính âm) tới mức độ có thể tạo nên cường độ trường lớn sẽ hình thành dòng phát triển về phía mặt đất. Giai đoạn này gọi là giai đoạn phóng điện tiên đạo và dòng gọi là tia tiên đạo. Tốc độ di chuyển trung bình của tia tiên đạo của lần phóng điện đầu tiên khoảng $1{,}5.10^{7}$ cm/giây, của các lần sau nhanh hơn và đạt tới 2.10^{8} cm/giây. Trong một đợt sét đánh có thể có nhiều lần phóng điện kế tiếp nhau, trung bình là ba lần, điều này được giải thích bởi trong cùng lớp mây có thể hình thành nhiều trung tâm điện tích, chúng sẽ lần lượt phóng điện xuống đất.

Tia tiên đạo là môi trường plasma có điện dẫn lớn. Đầu tia nối với một trong các trung tâm điện tích của lớp mây điện nên một phần điện tích của trung tâm này đi vào trong tia tiên đạo và phân bố gần đều dọc theo chiều dài tia (hình 9–1). Dưới tác dụng của điện trường của tia tiên đạo, sẽ có sự tập trung điện tích trái dấu trên mặt đất mà địa điểm tập kết tùy thuộc vào tình hình dẫn điện của đất. Nếu vùng đất có điện dẫn đồng nhất thì địa điểm này nằm ngay ở phía dưới đầu tia tiên đạo. Trường hợp mặt đất có nhiều nơi điện dẫn khác nhau thì điện tích trong đất sẽ tập trung về nơi có điện dẫn cao, ví dụ các ao, hồ, sông lạch ở vùng đất đá...



Hình 9–1. Sự phát triển của dòng dẫn đầu a) và dòng sét chính b) khi sét đánh vào một cột thép.

Quá trình phóng điện sẽ phát triển dọc theo đường sức nối liền giữa đầu tia tiên đạo với nơi tập trung điện tích trên mặt đất vì ở đấy cường độ trường có trị số lớn nhất và như vậy là địa điểm sét đánh trên mặt đất đã được định sẵn. Tính chất chọn lọc của phóng điện đã được vận dụng trong việc bảo vệ chống sét đánh thẳng cho các công trình : cột thu sét có độ cao lớn và trị số điện trở nối đất bé sẽ thu hút các phóng điện sét về phía mình, do đó tạo nên khu vực an toàn xung quanh nó.

Cần nêu thêm rằng, nếu ở phía mặt đất điện tích khác dấu được tập trung dễ dàng và có điều kiện thuận lợi để tạo nên khu vực trường mạnh (ví dụ đỉnh cột điện đường dây cao áp) thì có thể đồng thời xuất hiện tia tiên đạo từ phía mặt đất phát triển ngược chiều với tia tiên đạo từ lớp mây điện.

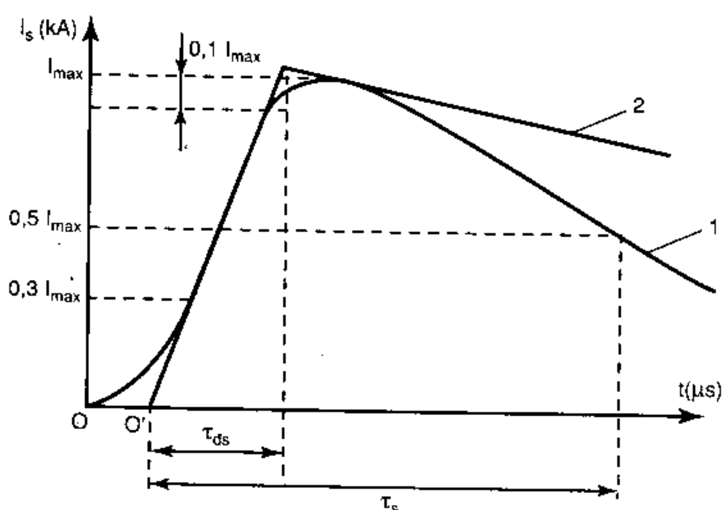
Khi tia tiên đạo phát triển tới gần mặt đất thì trường trong khoảng không gian giữa các điện cực sẽ có trị số rất lớn và bắt đầu có quá trình ion hóa mãnh liệt dẫn đến sự hình thành dòng plasma với mật độ ion lớn hơn nhiều so với của tia tiên đạo (hình 9–1). Do có điện dẫn bản thân rất cao nên đầu dòng sẽ có điện thế mặt đất, như vậy toàn bộ hiệu số điện thế (giữa đầu tia tiên đạo với mặt đất) được tập trung vào khu vực giữa nó với đầu tia tiên đạo, trường trong khu vực này tăng cao và gây ion hóa mãnh liệt... dòng plasma được kéo dài và di chuyển ngược lên phía trên. Giai đoạn này gọi là giai đoạn phóng điện ngược. Tốc độ phát triển của giai đoạn phóng điện ngược thay đổi trong giới hạn $1{,}5.10^{9} \div 1{,}5.10^{10}$ (cm/giây) tức là $0{,}05 \div 0{,}5$ tốc độ của ánh sáng. Trong giai đoạn này điện tích của lớp mây điện sẽ theo dòng plasma chuyển về phía mặt đất tạo nên dòng điện ở nơi sét đánh.

Thông thường phóng điện sét gồm một loạt phóng điện kế tiếp nhau do sự dịch chuyển điện tích từ các phần khác nhau của đám mây. Tiên đạo của những lần phóng điện sau đi theo dòng đã bị ion hóa ban đầu, vì vậy chúng phát triển liên tục và được gọi là tia tiên đạo dạng mũi tên. Theo kết quả nghiên cứu sét cho thấy số lần phóng điện có thể thay đổi từ 2,3 đến 20,30 lần. Vì vậy ta thường nghe thấy một loạt tiếng nổ liên tục, đó là do độ dài của tia phóng điện rất lớn, do sự phản xạ nhiều lần sóng âm thanh, từ các đám mây hay những địa hình nhất định tạo cho chúng ta cảm giác sấm rền.

Nước ta ở vào vùng khí hậu nhiệt đới nóng ẩm rất thuận lợi cho việc hình thành mây dông và sét. Xét trong một năm số ngày dông trên miền Bắc nước ta thường dao động khoảng từ 70 đến 110 ngày và có số lần dông từ 150 đến 300 lần. Như vậy trung bình một ngày có thể xảy ra từ 2 đến 3 cơn dông. Ở miền Nam cũng khá nhiều dông, hàng năm trung bình quan sát được $40 \div 50$ ngày và có thể đến trên 100 ngày tuỳ theo từng nơi. Khu vực nhiều dông nhất là đồng bằng Nam bộ, số ngày dông hàng năm lên tới $120 \div 140$ ngày (ở Thành phố Hồ Chí Minh : 180 ngày, Hà tiên :129 ngày). Những giá trị này chẳng những cao trội hơn các khu vực khác ở miền Nam, mà cũng lớn hơn rõ rệt so với các vùng trên miền Bắc ; ở Bắc Bộ chỉ vào khoảng trên dưới 100 ngày. Vì thế bảo vệ chống sét là một vấn đề đáng quan tâm và phải được giải quyết một cách thích đáng đối với các công trình cũng như trong cuộc sống hàng ngày vì hậu quả của sét rất lớn : gây thiệt hại về kinh tế và nguy hiểm về tính mạng con người.

9.1.2. Tham số của phóng điện sét

Tham số chủ yếu của phóng điện sét là dòng điện sét. Dòng điện sét ghi được trên các máy hiện sóng cực nhanh có như hình 9–2, đó là dạng sóng xung kích – chỗ tăng nhanh của dòng điện ứng với giai đoạn phóng điện ngược, còn quá trình giảm dần về sau là quá trình chuyển số điện tích dư từ lớp mây xuống đất.



Hình 9–2.

1- Dòng điện sét ghi trên máy hiện sóng;

2- Dòng điện sét tính toán

Khi tính toán bảo vệ chống sét, thông số chính cần chú ý nhiều nhất không phải là điện áp sét mà là dòng điện sét. Trị số dòng điện sét có thể xác định được bằng cách đo trực tiếp. Ở Liên Xô cũ cũng như một số nước trên thế giới qua nhiều lần quan sát đo đạc dòng điện sét người ta đã rút ra được xác suất lớn nhất ứng với dòng điện sét có trị số khoảng 50 kA, dòng điện sét có trị số từ 50 ÷ 100 kA có thể xảy ra nhưng ít, còn sét có dòng điện từ 100 kA trở lên rất hiếm khi xảy ra ; trị số này chỉ dùng để tính toán khi thiết kế bảo vệ chống sét cho các công trình có yêu cầu đặc biệt về nguy cơ gây ra cháy nổ.

Dòng điện sét được đặc trưng bởi hai tham số quan trọng đó là biên độ dòng điện sét I_s (I_{max}) và tốc độ đầu sóng a :

$$a = \frac{di_s}{dt}$$

Ngoài ra chúng ta cần phải chú ý tới thời gian đầu sóng τ_{ds} và thời gian sóng τ_s. Thời gian đầu sóng τ_{ds} – là thời gian để cho dòng điện sét đạt đến trị số cực đại (max), còn τ_s – là thời gian để dòng điện sét phát triển cho tới khi giá trị cực đại giảm đi một nửa, $\left(\frac{I_{max}}{2}\right)$.

Độ dốc cực đại của đầu sóng dòng điện sét thường không vượt quá 50 kA/µs. Biên độ dòng điện sét lớn thì độ dốc đầu sóng cũng lớn. Vì vậy với dòng điện sét tính toán 100 kA và lớn hơn thường lấy độ dốc đầu sóng trung bình là 30 kA/µs, còn khi dòng điện sét tính toán nhỏ hơn 100 kA thì độ dốc đầu sóng lấy khoảng 10 kA/µs.

Quá điện áp khí quyển gây nên là do sét đánh trực tiếp vào các thiết bị, các công trình đặt ngoài trời (ví dụ như thiết bị phân phối của trạm điện ngoài trời, đường dây tải điện, các công trình xây dựng v.v...) cũng như khi sét đánh gần các công trình. Quá điện áp do sét đánh trực tiếp là nguy hiểm nhất.

Đặc điểm của quá điện áp khí quyển là tính chất ngắn hạn của nó. Phóng điện của sét chỉ kéo dài trong vài chục micrô giây và điện áp tăng cao có đặc tính xung.

Các thiết bị điện làm việc ở điện áp định mức nào đó có mức cách điện nhất định ; nếu dùng mức cách điện cao sẽ làm tăng giá thành thiết bị, còn nếu hạ thấp mức cách điện sẽ không đảm bảo yêu cầu kĩ thuật và có thể dẫn tới sự cố trầm trọng. Do vậy, mức cách điện phải được xác định theo đặc tính và trị số quá điện áp có thể có và các tham số của thiết bị dùng để hạn chế quá điện áp. Khả năng của cách điện chịu được quá điện áp khí quyển được xác định bởi điện áp thí nghiệm xung kích.

Các thiết bị điện được bảo vệ chống quá điện áp khí quyển bằng hệ thống cột và dây chống sét, giữ cho đối tượng cần được bảo vệ không bị sét đánh trực tiếp, còn các thiết bị chống sét khác có tác dụng hạ thấp quá điện áp phát sinh trong thiết bị đến trị số thấp hơn điện áp thí nghiệm.

9.1.3. Các hậu quả của phóng điện sét

Đối với người và các súc vật, sét nguy hiểm là do nguồn điện áp cao và dòng điện sét lớn. Như chúng ta đã biết, chỉ cần một dòng điện rất nhỏ khoảng vài chục miliampe đi qua người cũng có thể gây nên chết người. Vì thế rất dễ hiểu tại sao khi bị sét đánh trực tiếp người thường chết ngay.

Nhiều khi sét không phóng điện trực tiếp cũng gây nguy hiểm, bởi vì khi dòng điện sét đi qua vật nối đất gây nên sự chênh lệch thế khá lớn tại những vùng đất gần nhau, hay nói một cách khác là có một građien điện thế lớn. Nếu người hay gia súc đứng gần nơi bị sét đánh có thể có điện áp bước lớn gây nguy hiểm tới cơ thể người và gia súc.

Dòng điện sét có nhiệt độ rất lớn, khi phóng vào các vật dễ cháy như tranh, tre, gỗ nứa v.v... nó có thể gây nên đám cháy lớn. Điều này cần phải đặc biệt chú ý đối với việc bảo vệ các kho nhiên liệu và các vật liệu dễ nổ.

Khi sét đánh vào nhà và công trình, do tác động của dòng điện sét đi qua, nhà và công trình sẽ bị hư hỏng về độ bền cơ học. Các công trình làm bằng gỗ, khi sét đánh sẽ bị hư hỏng hoàn toàn ; các công trình làm bằng gạch đá, khi bị sét đánh sẽ bị thiệt hại đáng kể ; còn đối với công trình làm bằng bêtông hoặc bêtông cốt thép khi bị sét đánh sự hư hỏng về mặt cơ học có bị giới hạn hơn so với các loại công trình trên.

Những đường dây tải điện trên không khi bị sét đánh sóng quá điện áp sẽ truyền vào trạm có thể phá hủy các thiết bị trong trạm nếu không có biện pháp bảo vệ an toàn.

Cần chú ý là điện áp sét có thể cảm ứng trên các vật dẫn (cảm ứng tĩnh điện, cảm ứng điện từ) khi có phóng điện sét ở gần. Điện áp này có thể lên tới hàng chục kilôvon do đó rất nguy hiểm...

Như vậy sét có thể gây nguy hiểm trực tiếp và gián tiếp, chúng ta cần phải nghiên cứu cách bảo vệ trực tiếp và gián tiếp đối với sét.

9.2. BẢO VỆ CHỐNG SÉT ĐÁNH TRỰC TIẾP

Hiện nay để bảo vệ chống sét đánh trực tiếp cho công trình thường dùng các hệ thống thu sét – cột thu sét, dây thu sét – gồm bộ phận thu sét (kim, dây), bộ phận nối đất và các dây dẫn liên hệ hai bộ phận trên với nhau (dây nối đất).

Như đã trình bày ở trên, tác dụng bảo vệ của hệ thống thu sét là ở chỗ tập trung điện tích ở đỉnh bộ phận thu sét, tạo nên trường lớn nhất giữa nó và đầu tia tiên đạo... do đó thu hút các phóng điện sét và hình thành khu vực an toàn ở bên dưới và xung quanh hệ thống thu sét.

Bộ phận nối đất của hệ thống thu sét cần có điện trở nối đất bé để việc tập trung điện tích cảm ứng phía mặt đất được dễ dàng và khi có dòng điện sét đi qua điện áp trên các bộ phận của hệ thống thu sét sẽ không đủ để gây nên phóng điện ngược từ nó tới các công trình đặt gần.

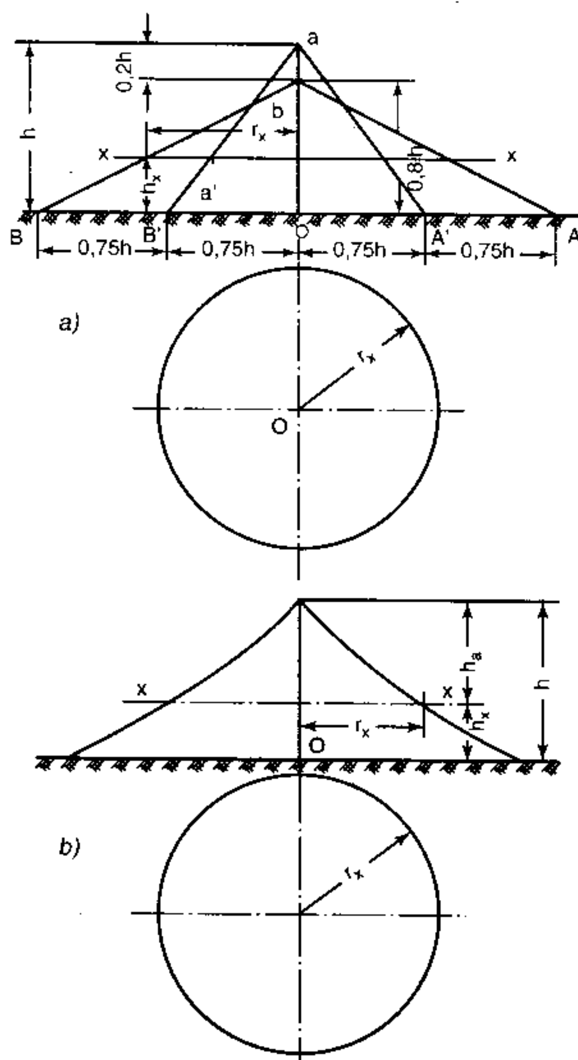
Gần đây trong kĩ thuật thu sét người ta đã áp dụng các đầu thu bằng đồng vị phóng xạ có phạm vi thu sét lớn hơn kim thu sét thông thường.

Trên cơ sở nghiên cứu các mô hình người ta có thể xác định vùng bảo vệ của cột thu lôi. Khoảng không gian gần cột thu lôi mà vật được bảo vệ đặt trong đó rất ít khả năng bị sét đánh, gọi là vùng hay phạm vi bảo vệ của cột thu lôi.

9.2.1. Phạm vi bảo vệ của một cột thu sét

Phạm vi bảo vệ của một cột thu sét (hình 9–3) là miền được giới hạn bởi mặt ngoài của hình chóp tròn xoay có bán kính xác định bởi phương trình :

$$r_x = \frac{1,6}{1 + \frac{h_x}{h}}.(h - h_x)$$



Hình 9–3. Phạm vi bảo vệ của một cột thu sét :
a) phương pháp 1 ; b) phương pháp 2

ở đây : h – độ cao cột thu sét

r_x – bán kính của phạm vi bảo vệ ở mức cao h_x.

h_x – độ cao của vật cần được bảo vệ.

$(h - h_x)$ – độ cao hiệu dụng của cột thu sét.

Để thuận tiện trong tính toán thiết kế thường dùng phạm vi bảo vệ dạng đơn giản hóa (hình 9–3a). Đường sinh của hình chóp có dạng đường gãy khúc, một trong các đoạn của nó (ab) là phần đường thẳng nối đỉnh cột thu sét tới điểm trên mặt đất cách chân cột 0,75 h, còn cột kia (bc) là phần đường thẳng nối giữa điểm cao 0,8 h trên thân cột tới điểm cách xa chân cột 1,5 h. Từ hình vẽ có thể thấy, điểm b có độ cao $\frac{2}{3}$ h. Bán kính bảo vệ ở các mức cao khác nhau được tính toán theo các công thức sau đây :

– Khi $h_x \leq \frac{2}{3}h$ thì : $r_x = 1,5\,h\left(1 - \frac{h_x}{0,8h}\right)$;

– Khi $h_x > \frac{2}{3}h$ thì : $r_x = 0,75\,h\left(1 - \frac{h_x}{h}\right)$.

Các công thức trên chỉ dùng trong trường hợp cột thu sét cao tới 30m. Hiệu quả của cột thu lôi cao hơn 30m sẽ bị giảm do độ cao định hướng của sét giữ hằng số. Có thể dùng các công thức trên để tính toán phạm vi bảo vệ nhưng phải nhân thêm với hệ số hiệu chỉnh $P = \frac{5,5}{\sqrt{h}}$ và trên hình vẽ dùng các hoành độ 0,75 hp và 1,5 hp.

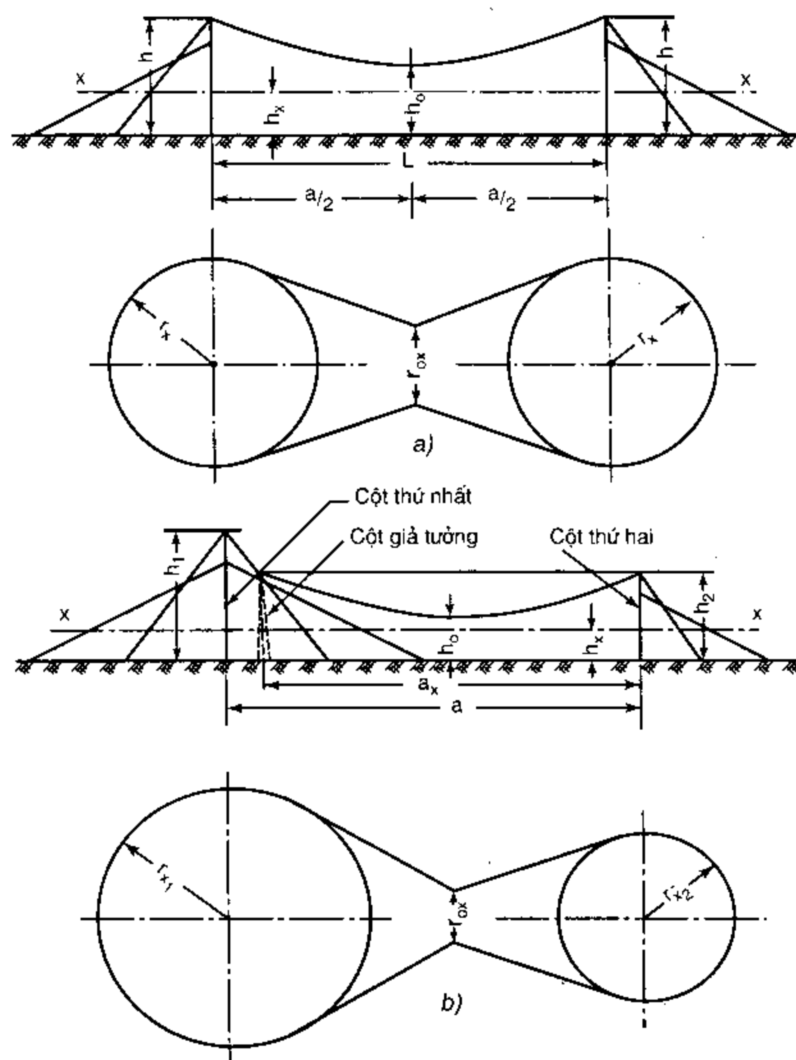
9.2.2. Phạm vi bảo vệ của hai và nhiều cột thu sét

Phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét có kích thước lớn hơn nhiều so với tổng số phạm vi bảo vệ của hai cột đơn. Khu vực có xác suất 100% phóng điện vào cột thu sét có bán kính R = 3,5 h. Như vậy khi hai cột thu sét đặt cách nhau khoảng cách a = 2R = 7h thì bất kì điểm nào trên mặt đất trong khoảng giữa hai cột sẽ không bị sét đánh, từ đó suy ra nếu hai cột thu sét đặt cách nhau khoảng cách a < 7h thì sẽ bảo vệ được độ cao h_o xác định bởi :

$$h - h_o = \frac{a}{7}$$

hoặc : $$h_o = h - \frac{a}{7}$$

Mặt cắt thẳng đứng đi qua hai cột thu sét của phạm vi bảo vệ cho trên hình 9–4a .



Hình 9–4. Phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét :
a) khi 2 cột có chiều cao bằng nhau ; b) khi 2 cột có chiều cao không bằng nhau.

Các phần bên ngoài giống như của trường hợp một cột, còn phần bên trong được giới hạn bởi vòng cung đi qua ba điểm : hai đỉnh cột và điểm ở giữa có độ cao h_o. Mặt cắt thẳng đứng cắt theo mặt phẳng vuông góc đặt giữa hai cột của phạm vi bảo vệ được vẽ giống như của một cột có độ cao h_o. Từ

hai mặt cắt này ta có thể vẽ được mặt phẳng của phạm vi bảo vệ ở các mức cao khác nhau.

Mọi công trình cần bảo vệ an toàn bằng hai cột thu sét phải được nằm gọn trong phạm vi bảo vệ này, nghĩa là có độ cao công trình $h_x \le h_o = h - \frac{a}{7}$ và mặt bằng công trình được giới hạn trong mặt bằng của phạm vi bảo vệ ở mức cao h_x.

Khi độ cao cột thu sét vượt quá 30m thì cũng có các hiệu chỉnh tương tự như trên và độ cao h_o sẽ tính theo :

$$h_o = h - \frac{a}{7}.$$

Cách vẽ phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét có chiều cao khác nhau được trình bày trên hình 9–4b. Trước tiên vẽ phạm vi bảo vệ của cột cao h_1, sau đó qua đỉnh cột thấp h_2 vẽ đường thẳng ngang gặp đường sinh của phạm vi bảo vệ cột cao ở 1 điểm, điểm này được xem là đỉnh của cột thu sét giả tưởng, nó sẽ cùng với cột thấp hình thành đôi cột có độ cao bằng nhau h_2 với khoảng cách a'.

Khi công trình cần được bảo vệ chiếm khu vực rộng lớn, nếu chỉ dùng vài cột thì cột phải rất cao gây nhiều khó khăn khi thi công, lắp ráp. Trong các trường hợp này sẽ dùng nhiều cột phối hợp bảo vệ (hình 9–5). Phần ngoài của phạm vi bảo vệ được xác định như của từng đôi cột (yêu cầu khoảng cách $a \le 7h$). Không cần vẽ phạm vi bảo vệ bên trong đa giác hình thành bởi các cột thu sét mà chỉ kiểm tra điều kiện bảo vệ an toàn. Vật có độ cao h_x nằm trong đa giác sẽ được bảo vệ nếu thỏa mãn điều kiện :

$$D \le 8\,(h - h_x) = 8\,h_a.$$

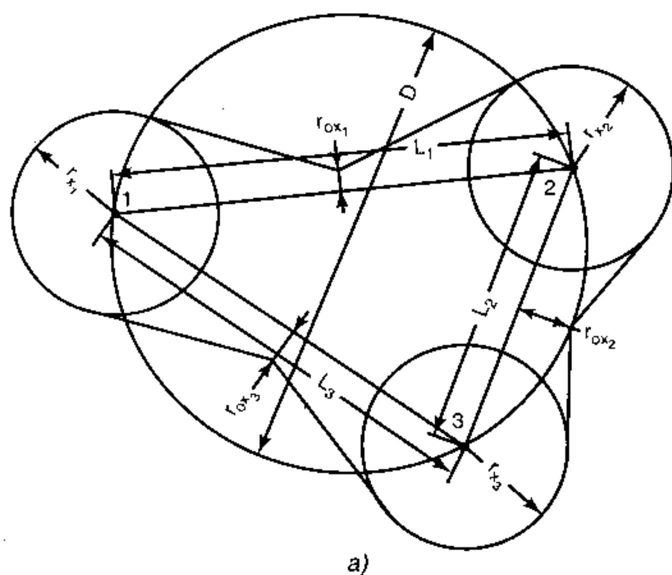
trong đó : D – đường kính vòng tròn ngoại tiếp của đa giác hình thành bởi các cột thu sét.

$h_a = h - h_x$ – độ cao hiệu dụng của cột thu sét, là phần cột vượt cao hơn so với mức cao h_x.

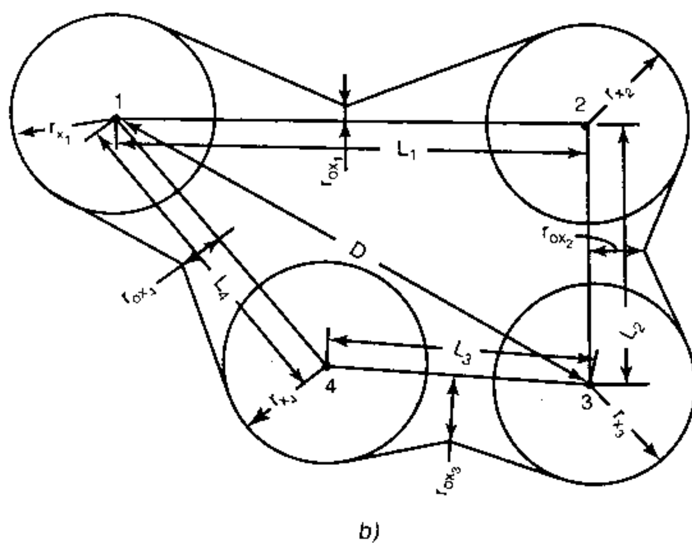
Khi các cột thu sét bố trí bất kì, cần phải kiểm tra điều kiện bảo vệ an toàn cho từng cặp ba cột đặt gần nhau.

Nếu độ cao vượt quá 30 m, điều kiện bảo vệ ở trên được hiệu chỉnh theo :

$$D \le 8\,(h - h_x).\,P = 8\,h_aP.$$



a)

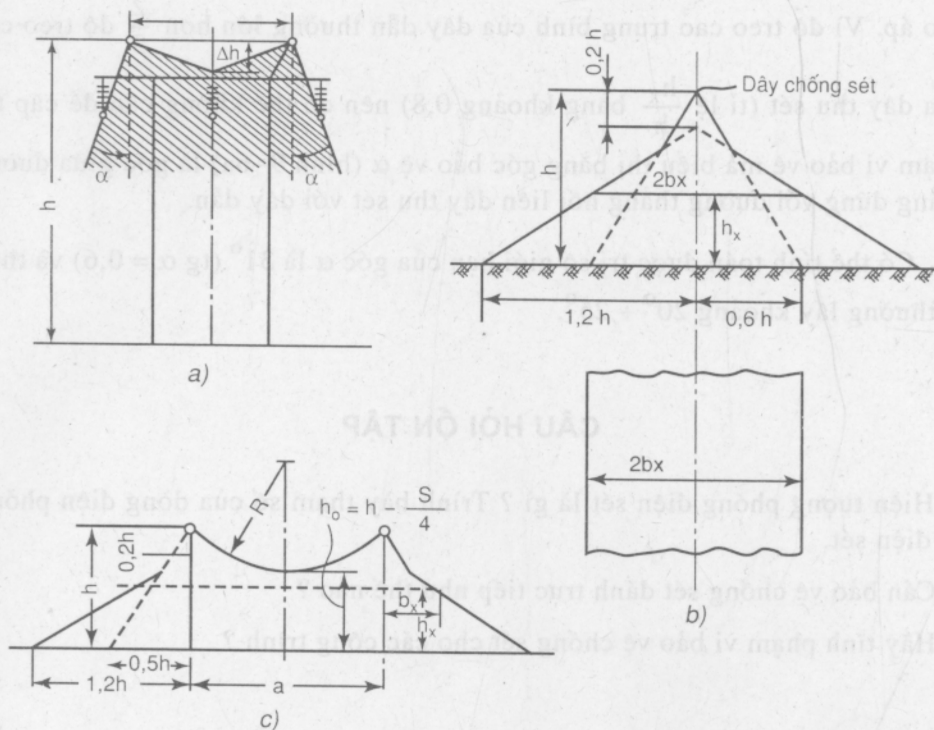


b)

Hình 9–5. Phạm vi bảo vệ của nhiều cột thu sét :
a) ba cột ; b) bốn cột.

9.2.3. Phạm vi của dây thu sét (dây chống sét)

Góc bảo vệ và phạm vi bảo vệ của dây thu sét như ở hình 9–6. Mặt cắt thẳng đứng theo phương vuông góc với dây thu sét của phạm vi bảo vệ được xác định tương tự như của cột thu sét có các hoành độ 0,6 h và 1,2 h.



Hình 9–6. Góc bảo vệ và phạm vi bảo vệ của dây chống sét.

Chiều rộng của phạm vi bảo vệ ở mức cao h_x cũng được tính theo các công thức tương tự :

– Khi $h_x > \frac{2}{3}$ h thì : $b_x = 0{,}6\,h\left(1 - \frac{h_x}{h}\right)$;

– Khi $h_x \leq \frac{2}{3}$h thì : $b_x = 1{,}2\,h\left(1 - \frac{h_x}{0{,}8h}\right)$.

Do nửa chiều rộng của khu vực có xác suất 100% phóng điện vào dây thu sét β = 2 h nên khi dùng hai dây đặt cách nhau s = 4 h thì mọi điểm nằm trên mặt đất nằm giữa hai dây này sẽ được bảo vệ an toàn và nếu khoảng cách s < 4h thì có thể bảo vệ cho các điểm (giữa hai dây) có mức cao tới $h_o = h - \frac{s}{4}$.

Phần bên ngoài của phạm vi bảo vệ được xác định như trường hợp một dây, còn phần bên trong được giới hạn bởi vòng cung vẽ qua ba điểm : hai điểm treo dây thu sét và điểm giữa có độ cao $h_o = h - \frac{s}{4}$ (hình 9–6c).

Dây thu sét thường được dùng để bảo vệ chống sét cho đường dây điện cao áp. Vì độ treo cao trung bình của dây dẫn thường lớn hơn $\frac{2}{3}$ độ treo cao của dây thu sét (tỉ lệ $\frac{h_x}{h}$ bằng khoảng 0,8) nên có thể không cần đề cập tới phạm vi bảo vệ mà biểu thị bằng góc bảo vệ α (hình 9–6a) là góc giữa đường thẳng đứng với đường thẳng nối liền dây thu sét với dây dẫn.

Có thể tính toán được trị số giới hạn của góc α là 31^o ($tg\ \alpha = 0,6$) và thực tế thường lấy khoảng $20^o \div 25^o$.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Hiện tượng phóng điện sét là gì ? Trình bày tham số của dòng điện phóng điện sét.
2. Cần bảo vệ chống sét đánh trực tiếp như thế nào ?
3. Hãy tính phạm vi bảo vệ chống sét cho các công trình ?

CHƯƠNG 10

NHỮNG VẤN ĐỀ VỀ ẢNH HƯỞNG CỦA TRƯỜNG ĐIỆN TỪ TẦN SỐ CAO, TẦN SỐ CÔNG NGHIỆP VÀ ĐỀ PHÒNG TĨNH ĐIỆN

10.1. TRƯỜNG ĐIỆN TỪ Ở TẦN SỐ CAO

Trong các lĩnh vực kinh tế, quốc phòng và sinh hoạt, các máy phát sóng được sử dụng ngày càng nhiều.

Ở nhiều ngành công nghiệp, năng lượng của dòng điện tần số cao được dùng để đốt nóng kim loại như khi đúc, rèn, nhiệt luyện, tán nối và còn dùng để sấy, dán thiêu kết các chất phi kim loại.

Việc sử dụng dòng điện tần số cao cho phép tiến hành quá trình công nghệ nhanh chóng hơn, đảm bảo chất lượng gia công cao hơn, đồng thời tạo điều kiện để ứng dụng rộng rãi các thiết bị cơ khí hoá và tự động hoá. Sự thay thế các lò đúc, các lò sấy đốt nóng bằng nhiên liệu, bằng các lò dùng dòng điện tần số cao đã làm giảm hẳn độ bụi bẩn của không khí trong sản xuất, rút ngắn thời gian và giảm cường độ bức xạ của các nguồn nhiệt đến công nhân.

Các thiết bị nhiệt luyện bằng điện cao tần phát ra năng lượng điện từ, các năng lượng này biến thành công có ích. Song khi đó trong vùng làm việc có một trường điện từ có thể gây tác hại đối với cơ thể con người.

10.1.1. Sự hình thành trường điện từ tần số cao trong một số thiết bị công nghiệp

Ta đã biết rằng xung quanh dây dẫn điện xuất hiện đồng thời điện trường và từ trường. Các trường này sẽ không có liên hệ với nhau nếu dòng điện

không thay đổi theo thời gian (dòng điện một chiều). Khi dòng điện thay đổi (dòng điện xoay chiều) trường từ và trường điện có liên hệ với nhau nên khi nghiên cứu chúng cần phải tiến hành đồng thời và coi chúng như một trường điện từ thống nhất.

Trường điện từ tần số cao có khả năng toả lan ra không gian không cần dây dẫn điện với vận tốc gần bằng vận tốc ánh sáng.

Sự toả lan trường điện từ trong không gian mang theo năng lượng của nó.

Trong công nghiệp, ta thấy ứng dụng các trường điện từ tần số cao, khoảng $3.10^4 - 3.10^6$ Hz, bước sóng từ 10.000 m đến 100m tần số siêu cao $3.10^6 - 3.10^8$ Hz, bước sóng từ 100 m đến 1 m ; tần số cực cao $3.10^8 - 3.10^{11}$

Hz, bước sóng từ 100 cm đến 0,1 cm.

Các lò cao tần dùng để nung nóng các vật liệu, phôi và chi tiết khác nhau. Từ trường tạo thành trong các lò này chính là nhờ các cuộn dây cảm ứng, các máy biến áp và các thiết bị cảm ứng đốt nóng.

Khi đặt một vật bằng kim loại trong từ trường thay đổi liên tục thì vật bị cảm ứng một sức điện động với tần số của trường. Dưới tác dụng của sức điện động này, vật kim loại sẽ phát sinh dòng điện xoáy, nó làm nóng bằng kim loại. Dòng điện cảm ứng phát sinh chủ yếu trên bề mặt của vật bằng kim loại. Khi tần số của dòng điện càng cao thì lớp bề mặt bị nung nóng càng mỏng. Sự đốt nóng các lớp kim loại sâu hơn phải nhờ vào quá trình truyền nhiệt.

Các vật liệu cách điện không thể nung nóng bằng phương pháp này vì dòng điện phát sinh trong chúng không đủ lớn để nung nóng chúng.

Để nung nóng các vật phi kim loại, người ta đặt chúng trong các tấm kim loại, nhờ dòng điện cảm ứng, những tấm kim loại này nóng lên rồi truyền nhiệt cho chúng.

Mặt khác dưới tác dụng của điện trường, một số ít các điện tử tự do có trong vật phi kim loại tạo ra một dòng điện nhỏ, còn số lớn điện tử liên kết với nhau bằng sức hút phần tử được sắp xếp lại theo hướng của điện trường, nghĩa là bị phân cực. Lực hút phân tử chống lại quá trình phân cực này. Cũng giống như hiện tượng ma sát của hai vật rắn trong chuyển động trượt, trong trường hợp này năng lượng của trường điện từ tiêu hao để chống lại lực hút phân tử sẽ biến thành nhiệt năng rồi nung nóng vật cách điện.

10.1.2. Tác dụng của điện từ đến cơ thể con người

Cạnh các nguồn của các trường cao tần hình thành một vùng cảm ứng và vùng bức xạ.

Trong vùng cảm ứng, con người sẽ ở trong các từ trường và trường điện thay đổi theo chu kì, còn trong vùng bức xạ thì trường điện từ tác dụng lên con người cùng một lúc với tất cả các thành phần từ và điện thay đổi đều đặn.

Mức độ tác dụng của trường điện từ lên cơ thể con người phụ thuộc vào độ dài bước sóng, tính chất công việc của nguồn, cường độ bức xạ, thời gian tác dụng, khoảng cách từ nguồn đến cơ thể và sự cảm thụ riêng của từng người.

Tần số càng cao (nghĩa là bước sóng càng ngắn), năng lượng điện từ mà cơ thể hấp thu càng tăng :

Tần số cao 20 %

Tần số siêu cao 25 %

Tần số cực cao 50%.

Bảng 10-1

Bước sóng	Độ thấm sâu
Loại milimet	Bề mặt lớp da
Loại centimet	Da và các tổ chức dưới da
Loại đeximet	Vào sâu trong các tổ chức
Loại mét	Vào sâu hơn 15 cm

Song tác hại của sóng điện từ không chỉ phụ thuộc vào năng lượng bức xạ bị hấp thụ, mà còn phụ thuộc vào độ thấm sâu của sóng bức xạ vào cơ thể. Độ thấm sâu càng cao thì sự hấp thụ càng nhiều. Độ thấm sâu cho trong bảng 10–1 và năng lượng hấp thụ nêu trên có thể làm rõ các đặc tính sau đây của sóng điện từ : sóng đêximet gây biến đổi lớn nhất đối với cơ thể so với sóng centimet và sóng mét. Sóng milimet gây tác dụng bệnh lí rất ít so với sóng centimet và sóng đêximet.

Mức độ hấp thụ năng lượng điện từ và sự toả nhiệt trong các bộ phận phụ thuộc vào tần số của nguồn bức xạ. Song vì các cơ quan bên trong có độ truyền dẫn khác nhau nên tác dụng nhiệt có thể có tính lựa chọn và xuất hiện ở một số cơ quan nhất định nào đó mạnh mẽ hơn.

Năng lượng điện từ được hấp thụ gây ra phá huỷ sự định hướng không gian của dịch thể phân tử lưỡng cực chứa trong cơ thể. Năng lượng đó được biến thành nhiệt và nung nóng các tổ chức. Cường độ nung nóng phụ thuộc vào cường độ bức xạ và tốc độ tản nhiệt của bộ phận cơ thể hấp thụ. Ở các bộ phận được cấp ít máu (như nhân mắt, ống dẫn tinh..) và ở các cơ quan nước bão hoà cao (như gan, tuyến tuy, lá lách, thận...) dễ bị nung nóng. Tác dụng của sóng điện từ lên các cơ quan này thường làm tăng quá trình viêm mãn tĩnh, gây đau đớn cho cơ thể. Ảnh hưởng của quá trình nung nóng cơ thể gây ra những vết loét bên trong, làm lan truyền chúng, chảy máu. Đặc biệt nguy hiểm là sự bỏng nhiệt ở các tổ chức nằm sâu bên trong, gây ra do sự thấm sâu của các tia bức xạ.

Khi chịu tác dụng của trường điện từ có các tần số khác nhau và cường độ lớn hơn cường độ giới hạn cho phép một cách có hệ thống và kéo dài sẽ dẫn tới sự thay đổi một số chức năng cơ thể, trước hết là hệ thống thần kinh trung ương, mà chủ yếu là làm rối hệ thần kinh thực vật và rối loạn hệ thống tim mạch. Sự thay đổi đó có thể làm nhức đầu, dễ mệt mỏi, khó ngủ hoặc buồn ngủ nhiều, suy yếu toàn thân, sinh ra nóng nẩy và hàng loạt triệu chứng khác. Ngoài ra có thể làm chậm mạch, giảm áp lực máu,đau tim, khó thở, làm biến đổi gan và lá lách.

Những triệu chứng trên có thể xuất hiện ngay sau khi vài tháng làm việc. Sóng vô tuyến còn có thể gây rối loạn chu kì kinh nguyệt của phụ nữ. Nói chung phụ nữ chịu tác hại của sóng điện từ mạnh hơn nam giới

Để đánh giá lượng bức xạ điện từ tần số cao và siêu cao, người ta dùng cường độ tác dụng của trường mà cường độ này biểu thị bằng trị số điện áp của nó. Trị số điện trường giới hạn cho phép ứng với với các tần số này quy định là 5 V/m ở chỗ làm việc, còn đối với lò đúc cảm ứng và các thiết bị cảm ứng nung nóng, vì có khó khăn về kĩ thuật, không thể bao che kín được nên tạm thời cho phép điện trường đến 10 V/m.

Để đánh giá lượng bức xạ của trường điện từ tần số cực cao, người ta dùng cường độ bức xạ, mà cường độ này được biểu thị bằng trị số mật độ của dòng công suất trung bình trong khoảng không gian ở nơi đó.

Mật độ dòng công suất được xác định bằng số năng lượng truyền qua diện tích 1 cm^2 vuông góc với phương truyền sóng trong 1 giây. Đơn vị tính toán là $\mu W/cm^2$, mW/cm^2, W/cm^2.

Trị số cường độ bức xạ giới hạn cho phép của trường điện từ tần số cực cao tại chỗ làm việc được xác định như sau : khi chịu tác dụng cả ngày làm việc thì cường độ bức xạ không lớn hớn 10 $\mu W/cm^2$; khi chịu tác dụng không quá 2 giờ trong 1 ngày thì không lớn hơn $100\mu W/cm^2$, khi chịu tác dụng không quá 15 –20 phút trong 1 ngày thì không lớn hơn $1 mW/cm^2$ và khi đó nhất thiết phải đeo kính bảo vệ mắt.

10.1.3. Các biện pháp an toàn

Các máy phát tần số cao, siêu cao, cực cao, tuỳ điều kiện của quá trình công nghệ, có thể đặt trong gian nhà sản xuất chung nhưng cần che phủ kín luồng công nghệ của nó ; tốt nhất là đặt chúng trong các phòng riêng biệt.

Dù đặt máy ở đâu cũng phải nhất thiết chấp hành nghiêm chỉnh " nội quy khi làm việc với các máy phát sóng centimet".

Khi làm việc, các mạch điện của máy nhiệt luyện cao tần xuất hiện điện áp tới hàng chục kilôvôn. Bởi vậy các thiết bị tần số cao, siêu cao và cực cao là những thiết bị điện áp cao cần áp dụng đầy đủ các quy phạm an toàn điện đã được Nhà nước ban hành (TCVN 3718 – 82). Cần lưu ý các vấn đề sau :

a) Khi đặt các thiết bị này trên dây truyền trong cùng một gian nhà sản xuất chung thì khoảng cách giữa chúng và các trang bị khác không được nhỏ hơn 2 m.

b) Khi đặt các thiết bị này trong phòng riêng biệt thì mỗi một thiết bị công suất nhỏ hơn 30 kW cần có diện tích không nhỏ hơn 25 m^2, công suất lớn hơn 30 kW thì không nhỏ hơn 40 m^2. Trong phòng đặt thiết bị, không nên để những vật bằng kim loại không cần thiết. Sở dĩ có quy định như vậy là vì kim loại phản xạ sóng vô tuyến điện (sóng điện từ) rất tốt và chính chúng lại có thể trở thành nguồn dao động điện từ thứ hai.

Kích thước chỗ làm việc của các công nhân sản xuất hoặc nhân viên phục vụ các thiết bị cao tần được xác định theo các điều kiện của quá trình công nghệ và kích thước sản phẩm. Tuy vậy chiều rộng chỗ làm việc bên cạnh các bảng điều khiển không được hẹp hơn 1,2 m và không hẹp hơn 0,8 m ở cạnh các thiết bị đốt nóng (như lò đúc, lò nung cảm ứng, các tụ điện làm việc...).

c) Các phòng có thiết bị cao tần, cần phải thông gió nhân tạo.

d) Trong trường hợp, khi có một thiết bị gia công nào đó toả ra nhiều bụi bẩn thì cần có hút gió cục bộ. Chụp hút đặt trên các lò đúc cảm ứng có độ cao 0,8m. Vận tốc hút không khí ở miệng chụp không được nhỏ hơn 1,5 m/s. Ở

các lò nung cảm ứng người ta thường đặt các bộ phận hút không khí ở bên cạnh với tốc độ hút khoảng 2–4m/s. Vật liệu làm chụp hút và các ống nối với chúng thường dùng vật liệu phi kim loại, có tính chịu nhiệt cao như ximăng, amiăng, tectolit... Không cho phép dùng kim loại làm các bộ phận hút khí đặt gần các lò cảm ứng vì kim loại sẽ bị đốt nóng bởi các dòng điện cảm ứng.

e) Chiếu sáng trên các thiết bị cao tần cần đảm bảo độ rọi trên phương thẳng đứng tại các bảng điều khiển không nhỏ hơn 50 lux, trên các chỗ làm việc gần thiết bị nung không nhỏ hơn 30 lux.

f) Bảng điều khiển có thể đặt trên tấm chắn bảo vệ hoặc lắp ngoài phòng đặt máy phát, hướng về phía người thợ làm việc. Nơi mà các bộ phận điều khiển trên thò ra ngoài vỏ bảo vệ cũng cần trang bị sao cho chúng không bị nhiễm từ của từ trường.

g) Trên bảng điều khiển của mỗi thiết bị cao tần cần có đèn tín hiệu.

h) Toàn bộ thiết bị cần được bao che kín để tránh trường điện từ toả lan ra phòng làm việc.

Vỏ bao che cần phải chế tạo bằng các tấm kim loại có độ dẫn điện cao và chiều dày không mỏng hơn 0,5 mm.

Trên vỏ bao che có những lỗ nhỏ để lắp công tắc, nút bấm, tay quay...Tại những chỗ đó cần bọc những lưới sắt mắt dày (mắt không lớn hơn 4 x 4mm).

i) Để đảm bảo an toàn về điện và tránh bị điện giật khi tiếp xúc với các bộ phận bằng kim loại của thiết bị, khi xảy ra sự cố, tất cả các bộ phận đó phải nối đất.

Các dây nối đất ở gần khu vực phát sóng thì không nên làm thành vòng kín, vì vòng kín như thế có thể bị đốt nóng bởi dòng điện cảm ứng và sẽ dẫn đến làm tăng điện trở của dây tiếp đất.

k) Các thiết bị cao tần cần phải có các công nhân chuyên môn phục vụ.

10.2. ẢNH HƯỞNG CỦA TRƯỜNG ĐIỆN TỪ TẦN SỐ CÔNG NGHIỆP

Các kết quả nghiên cứu đối với đường dây cao áp và siêu cao thế cho thấy trường điện từ của các đường dây này ảnh hưởng đến cơ thể con người.

Con người nằm trong trường điện từ, có thể được coi là vật dẫn điện, đóng vai trò như một điện dung. Dòng điện qua người phụ thuộc vào điện trường và

giá trị điện dung tương đương. Một số nước đã ban hành tiêu chuẩn quy định giới hạn cho phép về cường độ điện trường làm việc lâu dài. Tiêu chuẩn của Đức là 10 kV/m và của một số nước khác là 5kV/m.

Kết quả nghiên cứu của một số nước cho thấy : con người làm việc trong trường điện từ tần số công nghiệp có thể bị ảnh hưởng đến hệ thần kinh, tuần hoàn, hô hấp v.v... và mức độ bị ảnh hưởng phụ thuộc và cường độ điện trường và thời gian chịu tác động.

Tiêu chuẩn của một số nước Đông Âu quy định mức cho phép của cường độ điện trường phụ thuộc vào thời gian làm việc trong một ngày là :

Bảng 10-2

Cường độ điện trường |kV/m|	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**
Thời gian làm việc cho phép trong ngày	8 giờ	3 giờ	1,5 giờ	10 phút	5 phút

Theo quy định để thiết kế đường dây 500 kV của ta thì khoảng cách từ dây dẫn đến mặt đất ở khu vực đông dân là 14 m, tức là cường độ điện trường khi người đứng trên mặt đất là nhỏ hơn 5 kV/m. Cần lưu ý :

a) Ở các khu vực ít dân cư, cột có thể thấp hơn, khoảng cách cột có thể xa hơn nên dây dẫn bị võng hơn, do đó đường dây có thể thấp hơn trị số nêu trên, cường độ điện trường có thể cao hơn giá trị 5 kV/m nên yêu cầu phải hạn chế người qua lại hay làm việc dưới đường dây.

Đối với các trạm điện có điện áp siêu cao, ở vị trí công nhân đi đến kiểm tra sửa chữa, thao tác v.v... có thể cường độ điện trường sẽ cao và đạt đến 10 ÷ 18 kV/m ; do đó phải hạn chế thời gian làm việc hoặc có biện pháp giảm cường độ điện trường xuống dưới mức quy định.

b) Đường dây thông tin, tín hiệu, đường dây trung thế, hạ thế các loại dây cáp và kết cấu kim loại ở gần đường dây siêu cao thế 500 kV sẽ xuất hiện sức điện động cảm ứng. Trong trường hợp sự cố ngắn mạch, sức điện động cảm ứng có thể đạt đến 1 kV và sẽ gây nguy hiểm cho người và thiết bị. Do đó cần chuyển các thiết bị thông tin, đường dây trung và hạ áp ra xa đường dây và trạm siêu cao thế 500 kV và đặt che chắn hoặc thiết bị bảo vệ.

c) Ảnh hưởng nhiễu của trường điện từ và hồ quang.

Phóng điện qua các khe hở, phóng điện hồ quang, phóng điện do tĩnh điện, cảm ứng điện từ là các nguyên nhân gây nhiễu cho các thiết bị vô tuyến viễn thông, điều khiển, đo lường v.v... gần đấy. Do vậy cần chuyển các thiết bị thông tin, đường dây thông tin và các thiết bị đo lường ra xa đường dây và trạm 500 KV, dùng che chắn bằng lưới kim loại hay lồng Farađây.

d) Ảnh hưởng nguy hiểm do lan tràn điện thế nối đất.

Khi có sự cố ngắn mạch trên đường dây hoặc các thiết bị trong trạm sẽ xuất hiện điện áp bước và điện áp tiếp xúc nguy hiểm đối với người ; vì vậy cần phải nối đất vỏ thiết bị và các phần kết cấu kim loại trong trạm để giảm điện áp tiếp xúc và điện áp bước.

10.3. ĐỀ PHÒNG TĨNH ĐIỆN

Tĩnh điện phát sinh do sự ma sát giữa các vật cách điện với nhau hoặc giữa vật cách điện và vật dẫn điện, do sự va đập của các chất lỏng cách điện khi chuyên rót, hoặc va đập của chất lỏng cách điện với kim loại.

Tĩnh điện còn tạo ra ở trên các hạt nhỏ rắn cách điện trong quá trình nghiền. Sự xuất hiện điện tích tĩnh điện là kết quả của những quá trình phức tạp có liên quan đến sự phân bố lại các điện tử và ion khi tiếp xúc giữa hai vật khác dấu nhau.

Theo giả thiết " nhiễm điện tiếp xúc của vật chất " do sự không cân bằng của lực nguyên tử và phân tử trên bề mặt tiếp xúc sẽ tạo ra một lớp điện kép trái dấu nhau.

Những bề mặt này có các điện tích tĩnh điện trái dấu, ta coi chúng như là tụ điện có điện tích :

$$Q = C.U$$

U – thế hiệu ở trên các mặt tụ điện, V ;

C – điện dung F.

Khả năng nhiễm điện đến hiệu điện thế cao phụ thuộc vào tính dẫn điện của vật chất, vào thành phần các chất chứa ở trong nó và các nguyên nhân khác.

Sự phóng tia lửa điện là điều nguy hiểm vì có thể làm bốc cháy môi trường cháy khi năng lượng toả ra do tia lửa điện lớn hơn trị số tối thiểu của năng lượng bốc cháy của môi trường đó.

Năng lượng phóng tia lửa điện xác định theo công thức :

$$E = 0,5\ C.\ U^2[j]$$

C – điện dung, F

U – điện áp giữa các tấm, V

Trong điều kiện sản xuất điện tích tĩnh điện phát sinh và tích luỹ khi vận chuyển các chất lỏng không dẫn điện ở trong thùng chứa không được tiếp đất và ở trong các đường ống làm việc cách li với đất ; khi chất khí, trong đó có chứa bụi hoặc chất lỏng ở dạng sương mù, bị nén hoặc đốt nóng xì ra khỏi ống hay bình chứa ; khi vận chuyển hỗn hợp bụi không khí bằng đường ống (vận chuyển bằng hơi...) khi đai truyền ma sát vào trục và các quá trình có ma sát.

Trong các trường hợp trên, thế hiệu thường đạt 20–50 kV ; còn khi đai truyền chạy với vận tốc 15 m/s thì thế hiệu tới 80 kV.

Việc tích điện áp lớn như vậy rất nguy hiểm, vì khi thế hiệu là 3 kV tia lửa điện có thể gây cháy phần lớn các khí cháy ; còn khi thế hiệu là 5kV thì cháy phần lớn các loại bụi cháy.

Cần chú ý tới khối hạt cứng và lỏng rất nhỏ (khối bụi, khói) khi bị nhiễm điện. Khi các hạt bị va chạm nhiều lần và khi chúng bị ma sát với không khí hoặc bề mặt các ống dẫn, hạt nhỏ sẽ tích điện ; trường hợp có phóng tia lửa điện các hạt nhỏ cháy được có thể bốc cháy và nổ.

Điện tích tĩnh điện còn có thể tích luỹ ngay trên cơ thể con người nếu người cách li với đất bằng giày có đế không dẫn điện và sàn cách điện. Những điện tích này phát sinh ra khi người sử dụng quần áo bằng len, tơ và sợi nhân tạo, khi di chuyển trên sàn không dẫn điện và khi thao tác với các chất cách điện.

Đã có những trường hợp xảy ra nổ trong các phòng có sàn được phủ bằng cao su, chất dẻo do sự phóng tia lửa điện từ cơ thể con người lên các vật kim loại của thiết bị đã được tiếp đất.

Tác dụng sinh học của tĩnh điện lên người phụ thuộc vào năng lượng phóng điện không nguy hiểm. Vì tuy điện áp lớn như vậy nhưng cường độ dòng điện rất nhỏ — vài micro ampe. Tuy nhiên do sự sợ hãi đã có trường hợp người ta ngã từ trên cao xuống và nếu bị phóng điện lên có thể ảnh hưởng xấu đến sức khoẻ và có thể sinh ra một số bệnh, đặc biệt đối với hệ thần kinh.

Các biện pháp đề phòng tĩnh điện là :

1. Truyền điện tích tĩnh điện đi bằng cách tiếp đất cho các thiết bị sản xuất, các bể chứa, các ống dẫn ...

2. Tăng độ ẩm tương đối của không khí ở trong các phòng có nguy hiểm tĩnh điện lên 70 % hoặc làm ẩm các vật và một số biện pháp khác, trong đó có sự ion hoá không khí để nâng cao tính dẫn điện của không khí.

3. Trong bộ phận đai truyền chuyển động, tốt nhất phải tiếp đất các phần kim loại, còn dây truyền bôi lớp dẫn điện đặc biệt (thí dụ gra– phít) lên bề mặt ngoài (trong lúc máy nghỉ).

4. Để truyền tĩnh điện tích luỹ trên người đi thì thực hiện bằng các cách sau :

a) Làm sàn dẫn điện hoặc vùng tiếp đất, cầu và diện tích tiếp đất ; tiếp đất quả đấm tay mở cửa, tay vịn cầu thang và tay quay các thiết bị máy móc.

b) Phát cho công nhân giày dẫn điện (giày có đế bằng da cao su dẫn điện hoặc cao su có đóng đinh không bị xoè lửa khi va đập, ma sát).

c) Cấm mặc áo quần có khả năng nhiễm điện.

Các sàn không dẫn điện như là : sàn átsphan, sàn rải thảm cao su, vải sơn ...

Ở trên các công trường, khi sử dụng bơm vữa để đưa vữa lên các tầng theo đường ống cao su, có thể tạo ra tĩnh điện và tích luỹ điện áp ở trên cao su không dẫn điện... Nếu chỉ tiếp đất trên máy bơm thì không truyền điện tích từ ống đi, cho nên các ống phải quấn lớp dây trần với bước quấn là 10 cm và gắn một đầu vào phun, đầu kia với thân bơm vữa. Cuối cùng cần lưu ý là để dẫn tĩnh điện của bể chứa, đường ống, cầu nổi, máy móc để trong kho, các xitéc (thùng chứa) trên tàu hoả và ôtô cần phải tiếp đất chu đáo.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Hãy trình bày ảnh hưởng của trường điện từ cao tần đến cơ thể con người và các biện pháp an toàn ?
2. Hãy trình bày ảnh hưởng của trường điện từ tần số công nghiệp và tĩnh điện đến cơ thể con người, nêu các biện pháp an toàn ?

CHƯƠNG 11

NHỮNG PHƯƠNG TIỆN, DỤNG CỤ CẦN THIẾT CHO AN TOÀN ĐIỆN VÀ TỔ CHỨC VẬN HÀNH AN TOÀN

11.1. BẢO VỆ KHỎI NGUY HIỂM KHI TIẾP XÚC BẤT NGỜ VỚI VẬT DẪN ĐIỆN

Để tránh bị tiếp xúc bất ngờ với những vật dẫn điện, những phần mạng điện để trần hay cách điện có thể bị tiếp xúc, cần phải được chắn kĩ hoặc rào lại. Đây là một yêu cầu quan trọng của an toàn điện.

Những vật dẫn điện trong nhà ở, nơi công cộng... cần được che kín, còn ở những nơi sản xuất, nhà máy điện (những nơi này chỉ có người phục vụ tại các thiết bị điện) thì có thể che kín bằng lưới hoặc bảo vệ có lỗ. Rào hay nắp đậy cần phải có khoá hay dụng cụ mở để tránh mở nhiều không cần thiết. Các vật che đậy cần bảo đảm đủ độ bền cơ học. Khi điện áp cao hơn 1000V, độ dầy của miếng thép đậy không mỏng hơn 1 mm. Những vật dẫn điện đặt ở chỗ qua lại trong nhà, cần phải chắn nếu thấp hơn các độ cao sau :

10kV trở xuống	2,5 m
35kV trở xuống	2,75 m
110kV trở xuống	3,5 m

Những vật dẫn điện ngoài trời cần được chắn bảo vệ với độ cao sau :

35kV	3 m
110kV	3,75 m
154kV	4,00 m
220kV	4,5 m

Máy biến áp, thiết bị điện khác, nếu mép dưới sứ cách điện có chiều cao thấp hơn 2,5m so với nền cần được rào. Chiều cao hàng rào phải không thấp hơn 1,7m.

Khoảng cách thật giữa những vật mang điện với vật chắn cần được đảm bảo theo tiêu chuẩn (như bảng sau đây) :

THIẾT BỊ PHÂN PHỐI ĐIỆN TRONG NHÀ

(khoảng cách tính bằng cm)

Loại hàng rào	Điện áp, kV					
	3	6	10	20	35	110
Lưới hay cửa bằng lưới	17,5	20	22,5	28	39	90
Hàng rào kín hay cửa sắt	10,5	13	15,5	21	32	82

THIẾT BỊ ĐIỆN NGOÀI TRỜI

(khoảng cách tính bằng cm)

Loại hàng rào	Điện áp, kV					
	dưới 10	35	110	154	220	500
– Vật chắn	100	100	175	200	250	450
– Hàng rào lưới	25	40	100	140	200	400

11.2. CHỌN ĐIỆN ÁP VÀ TRANG BỊ AN TOÀN CHO CÁC THIẾT BỊ ĐIỆN VÀ THẮP SÁNG

Điện áp cho phép, trang bị của các thiết bị điện và thắp sáng phải được tuỳ chọn theo loại nhà và tính chất nguy hiểm của điều kiện làm việc.

11.2.1. Phân loại nhà cửa

Theo ảnh hưởng phá hoại của dòng điện khi bị mất an toàn, nhà cửa được phân loại như sau :

a) Có mức độ nguy hiểm cao.

b) Đặc biệt nguy hiểm.

c) Không có mức độ nguy hiểm cao.

Nhà được gọi là có mức độ nguy hiểm cao nếu có một trong những điều kiện sau :

– Ẩm ướt (độ ẩm tương đối cao hơn 75%).

– Có bụi dẫn điện.

– Nhiệt độ cao (nhiệt độ thường xuyên cao hơn 30°C).

– Có thể đồng thời chạm vào người những vật nối đất và vỏ thiết bị điện.

Nhà cửa được gọi là loại đặc biệt nguy hiểm khi có một trong các điều kiện sau :

– Đặc biệt ẩm ướt (độ ẩm tương đối gần 100%).

– Nơi có tác dụng hoá học.

– Cùng một lúc có 2 điều kiện ở mức độ cao (kể trên).

Nhà cửa không có mức độ nguy hiểm cao là loại không thuộc 2 loại nhà kể trên.

Ngoài ra người ta còn phân biệt loại nhà khô ráo là loại nhà có độ ẩm tương đối thấp hơn 60%.

11.2.2. Chọn điện áp

Theo điều kiện an toàn, điện áp cho phép của các loại đèn di động và các dụng cụ bằng điện cố định như sau :

Điện áp cho phép của đèn cầm tay di động :

a) Cho loại nhà đặc biệt nguy hiểm 12 V.

b) Cho loại nhà có mức độ nguy hiểm cao 36 V.

c) Cho loại nhà không có mức độ nguy hiểm cao 220 V.

Điện áp cho phép cho các dụng cụ điện cố định :

a) Cho nhà cửa đặc biệt nguy hiểm, trong mọi trường hợp không quá 36V.

b) Cho loại nhà cửa có mức độ nguy hiểm cao không quá 36V với những dụng cụ ở chỗ ngẫu nhiên (bình thường).

Với những dụng cụ có kiểm tra thường xuyên, với trình độ chuyên môn khá, dùng những phương tiện tốt, lưới điện được trang bị bằng ổ phích có tiếp xúc nối đất, có thể cho phép dùng điện áp cao hơn 36V nhưng không quá 220V.

c) Cho những nhà cửa không có mức độ nguy hiểm cao : điện áp không quá 380/220V.

11.3. PHƯƠNG TIỆN BẢO VỆ VÀ DỤNG CỤ KIỂM TRA ĐIỆN CHO NGƯỜI KHI LÀM VIỆC

Để bảo vệ con người khi làm việc với các thiết bị điện khỏi bị tác dụng của dòng điện, hồ quang cần phải sử dụng các phương tiện bảo vệ cần thiết.

Các phương tiện bảo vệ chia thành nhóm :

a) Phương tiện cách điện, tránh điện áp (bước, tiếp xúc, làm việc) : gồm sào cách điện, kìm cách điện, dụng cụ có tay cầm cách điện, găng tay cao su, giầy cao su, ủng cao su, đệm cách điện cao su.

b) Thiết bị thử điện di động, kìm đo dòng điện.

c) Bảo vệ nối đất di chuyển tạm thời, hàng rào, bảng báo hiệu.

d) Phương tiện bảo vệ tránh tác dụng của hồ quang, mảnh kim loại bị nung nóng, các hư hỏng cơ học : kính bảo vệ, găng tay bằng vải bạt, dụng cụ chống khí độc.

Phương tiện bảo vệ cách điện chia làm hai loại : chính và phụ. Phương tiện bảo vệ chính có cách điện đảm bảo không bị điện áp của thiết bị chọc thủng, có thể dùng chúng để sờ trực tiếp những phần mạng điện.

Phương tiện bảo vệ phụ : bản thân chúng không thể bảo vệ được mà chỉ là phương tiện phụ vào phương tiện chính.

Các thiết bị phân loại cụ thể như sau :

Loại bảo vệ	Điện áp cao hơn 1000 V	Điện áp thấp hơn 1000 V
Chính	Sào, kìm	Sào, kìm, găng tay cách điện, dụng cụ của thợ điện có cán cách điện (10 cm)
Phụ	Găng tay cách điện, đệm, bệ, giầy ống ngắn và dài	Giầy, đệm, bệ cách điện

Phương tiện bảo vệ chính làm bằng chất có đặc tính cách điện bền vững (bakelit, ebonit, ghêtinắcv.v...).

Phương tiện phụ bằng cao su cách điện, bệ bằng gỗ khô quét sơn, dưới có sứ cách điện.

Phương tiện bảo vệ phải được giữ gìn theo quy tắc định sẵn. Trong các trạm phân phối trong nhà, ở lối đi vào phải có chỗ dành riêng để thiết bị bảo vệ (móc treo dụng cụ, tủ để cất găng tay ...).

Phương tiện bảo vệ cần được kiểm tra đều đặn, thí nghiệm theo chu kì với điện áp tăng cao : điện áp thí nghiệm phải bằng ba lần điện áp dây cho những thiết bị có trung tính cách điện và bằng ba lần điện áp pha cho những thiết bị có trung tính nối đất, nhưng không vượt quá 40kV.

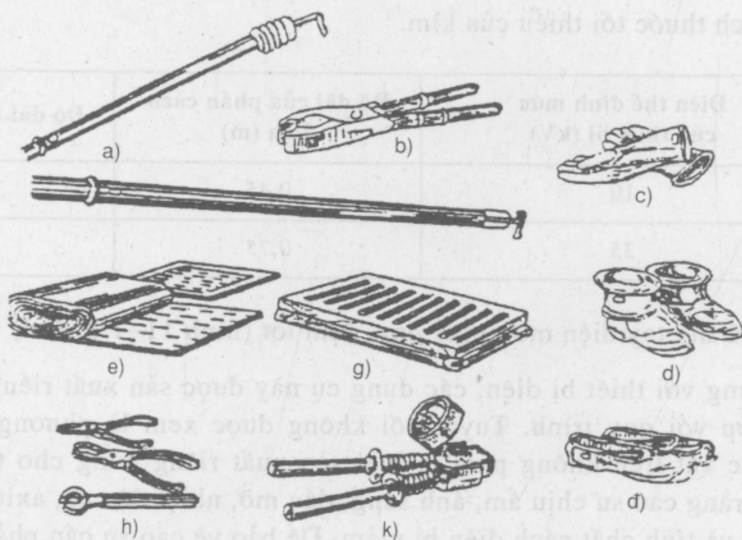
Phương tiện bảo vệ phụ, thí nghiệm với điện áp không phụ thuộc vào điện áp của thiết bị. Thời gian thử : 5 phút cho các loại kìm, 1 phút cho những bảo vệ bằng cao su.

11.3.1. Cấu tạo một số phương tiện bảo vệ cách điện

a) Sào cách điện

Sào cách điện dùng trực tiếp để điều khiển dao cách li, đặt nối đất di động, thí nghiệm cao áp.

Sào cách điện gồm 3 phần : phần cách điện, phần làm việc, phần cầm tay. Độ dài của sào phụ thuộc vào điện áp (hình 11–1a).



Hình 11–1. Phương tiện bảo vệ và dụng cụ :
a) sào cách điện ; b) kìm cách điện ; c) găng tay điện môi ;
d) giày ống ; đ) ủng điện môi ; e) đệm và thảm cao su ; g) bệ cách điện ;
h) những dụng cụ sửa chữa có tay cầm cách điện ; k) cái chỉ điện áp di động.

Khi dùng sào cần đứng trên bệ cách điện, tay đeo găng cao su, chân mang giầy cao su. Sào dùng trong nhà có thể đem dùng ngoài trời khi trời khô ráo, còn dùng ngược lại cần được quy trình cho phép.

Điện thế định mức của thiết bị (kV)	Độ dài của phần cách điện (m)	Độ dài tay cầm (m)
Dưới 1kV	không có tiêu chuẩn	tuỳ theo sự liên hệ
Trên 1kV dưới 10kV	1,0	0,5
Trên 10kV dưới 35kV	1,5	0,7
Trên 35kV dưới 110kV	1,8	0,9
Trên 110 dưới 220kV	3,0	1,0

b) Kìm cách điện

Kìm cách điện dùng để đặt và lấy cầu chì, đẩy các nắp cách điện bằng cao su. Kìm là phương tiện bảo vệ chính dùng với điện áp dưới 35kV.

Kìm cách điện cũng gồm 3 phần : phần làm việc, phần cách điện và phần cầm tay (hình 11–1b).

Kích thước tối thiểu của kìm.

Điện thế định mức của thiết bị (kV)	Độ dài của phần cách điện (m)	Độ dài tay cầm (m)
10	0,45	0,15
35	0,75	0,2

c) Găng tay điện môi, giầy ống, đệm lót (hình 11–1 c, d, đ)

Dùng với thiết bị điện, các dụng cụ này được sản xuất riêng với cấu tạo phù hợp với quy trình. Tuyệt đối không được xem là phương tiện bảo vệ nếu các vật trên không phải là loại sản xuất riêng dùng cho thiết bị điện. Chú ý rằng cao su chịu ẩm, ánh sáng, dầu mỡ, nhiệt độ cao, axit... thì độ bền cơ học và tính chất cách điện bị giảm. Để bảo vệ cao su cần phải bỏ trong tủ hoặc thùng.

d) Bệ cách điện có kích thước khoảng 75 × 75 nhưng không quá 150 × 150 cm, làm bằng gỗ tấm ghép. Khoảng cách giữa các tấm gỗ không quá 2,5 cm. Chiều cao bệ từ sàn gỗ đến nền nhà không nhỏ hơn 10 cm.

e) Những dụng cụ sửa chữa điện có cán cầm bằng chất cách điện. Độ dài phần cách điện không được dưới 10 cm và làm bằng chất không bị tác dụng của mồ hôi, xăng, dầu hoả, axit và không bị sứt mẻ.

11.3.2. Thiết bị thử điện di động

Thiết bị thử điện di động dùng để kiểm tra có điện áp hay không và để định pha. Dụng cụ có bóng đèn neon, đèn sáng khi có dòng điện dung đi qua. Kích thước thiết bị phụ thuộc vào điện áp, kích thước tối thiểu như sau :

Điện áp định mức của thiết bị (kV)	Độ dài giá đỡ (mm)	Độ dài tay cầm (mm)	Độ dài chung (mm)
10	320	110	680
10 ÷ 35	510	120	1060

Khi dùng thiết bị thử điện chỉ đưa vào thiết bị thử đến mức cần thiết để có thể thấy sáng. Chạm vào thiết bị chỉ cần khi vật được thử không có điện áp.

11.3.3. Thiết bị bảo vệ nối đất tạm thời di động

Bảo vệ nối đất tạm thời di động là phương tiện bảo vệ khi làm việc ở những chỗ đã ngắt mạch điện nhưng dễ có khả năng đưa điện áp nhầm vào hoặc dễ bị xuất hiện điện áp bất ngờ trên chúng.

Cấu tạo gồm những dây dẫn để ngăn mạch pha, cần nối đất với các chốt để nối vào phần mang điện. Chốt phải chịu được lực điện động khi có dòng ngắn mạch. Các dây dẫn làm bằng đồng tiết diện không bé hơn 25 mm^2. Chốt phải có chỗ để tháo dây ngắn mạch được bằng đòn.

Nối đất chỉ được thực hiện sau khi đã kiểm tra, không đóng điện vào bộ phận được nối đất. Đầu tiên nối đầu cuối của cái nối đất vào đất sau đó thử có điện áp hay không rồi nối dây vào vật mang điện. Khi tháo nối đất ra thì làm ngược lại.

Để tránh các nối đất bỏ quên, cần phải kiểm tra thật kĩ. Các nối đất làm việc theo ca kíp phải kiểm tra không những số lượng mà phải kiểm tra cả vị trí đặt chúng.

Ở các nối đất cố định, để tránh nhầm lẫn người ta còn dùng khoá liên động điện tử (khi nối đất thang góp) hoặc cơ học (khi nối đất dao cách li thẳng).

Hiện nay ở những trạm phân phối điện trong và ngoài trời 35 ÷ 110kV và ngoài trời 154kV và 220kV người ta đều đặt dao nối đất cố định để loại trừ nối đất di động. Đúng nguyên tắc, phía đường dây vào trạm đều phải đặt dao nối đất không phân biệt điện áp nào.

11.3.4. Những cái chắn tạm thời di động, nắp đậy bằng cao su

Cái chắn tạm thời di động để bảo vệ cho người thợ sửa chữa khỏi bị chạm vào điện áp. Những vật này làm bình phong ngăn cách, chiều cao chừng 1,8 m, một người có thể mang đi dễ dàng.

Khoảng cách từ chỗ dẫn điện đến cái chắn phải bảo đảm quy định như sau :

Điện áp	6kV	35 cm
dưới	5kV	60 cm
dưới	10kV	150 cm
dưới	20kV	300 cm

Vật lót cách điện đặt che vật mang điện phải làm bằng vật mềm, không cháy (cao su, tectolit, bakelit...). Có thể dùng chúng ở những thiết bị dưới 10kV trong trường hợp không tiện dùng bình phong. Bao đậy bằng cao su để cách điện dao cách li phải chế tạo sao cho dễ đậy và tháo dễ dàng được bằng kìm.

11.3.5. Bảng báo hiệu

Cần có các bảng báo hiệu để báo trước sự nguy hiểm cho người đến gần vật mang điện, cấm thao tác những thiết bị gây ra tai nạn chết người, để nhắc nhở...

Có các loại bảng báo hiệu sau đây : báo trước, cho phép, cấm, nhắc nhở.

Bảng báo trước:

"Điện thế cao - nguy hiểm" ;

"Đứng lại - điện thế cao" ;

"Không trèo - nguy hiểm chết người" ;

"Không sờ vào - nguy hiểm chết người" .

Bảng cấm :

"Không đóng điện - có người đang làm việc" ;

"Không đóng điện - đang làm việc trên đường dây".

Bảng cho phép :

"Làm việc tại chỗ này"

Bảng nhắc nhở :

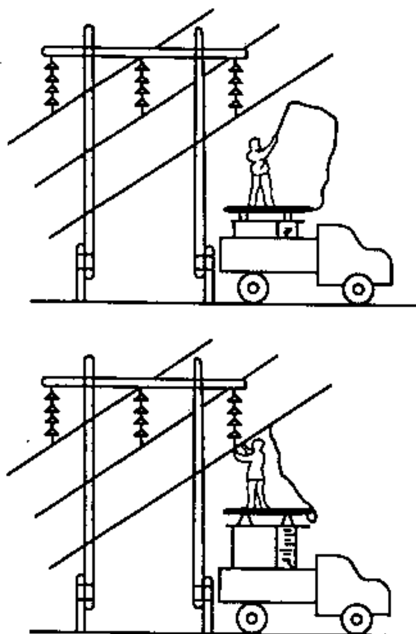
"Nối đất" .

11.3.6. Sửa chữa đường dây dưới điện áp

Mặc dầu yêu cầu cắt mạch điện trong khi sửa chữa là rất quan trọng, trong một số ít trường hợp cần thiết vẫn cho phép sửa chữa đường dây dưới điện áp, nhất là những đường dây đưa điện đến những hộ tiêu thụ quan trọng.

a) Làm việc dưới điện áp cao

Việc sửa chữa phải được kĩ sư chính của khu vực duyệt. Người sửa chữa phải có trình độ chuyên môn và học qua lớp sửa chữa dưới điện áp. Khi làm việc dưới điện áp, cho phép chạm vào vật mang điện bằng sào cách điện hoặc bằng tay trực tiếp. Trường hợp sau phải được cách điện người với đất và dùng phương pháp cân bằng điện áp giữa điện tích làm việc và dây dẫn.



Hình 11–2. Sửa chữa đường dây lúc có điện theo phương pháp cân bằng điện áp

Người công nhân đứng trên mâm kim loại được cách điện với đất (hình 11–2), dùng sào vứt dây (đã nối sẵn với mâm) vào pha. Khi đó chỉ có dòng điện điện dung xuất hiện không qua người. Khi dây đứt (khỏi mâm) thì qua người có (và chỉ có) dòng điện điện dung qua người, đó là điều cần chú ý. Để an toàn người ta dùng dây đôi hoặc chọn diện tích mâm đủ bé để hạn chế dòng điện dung đến mức an toàn.

b) Làm việc dưới điện áp thấp

Sửa chữa dưới điện áp thấp chỉ cho phép trong những trường hợp nếu ngắt mạch điện làm hư hỏng quá trình kĩ thuật, hư hỏng nhiều sản phẩm... khi làm việc phải có kĩ sư hay kĩ thuật viên kiểm tra trực tiếp, sau khi đã ngăn cách cẩn thận những pha bên cạnh và những vật có nối đất bằng đệm hay tấm cao su.

Ngoài ra khi làm việc phải dùng dụng cụ có cách điện chỗ tay cầm, tay phải đeo găng, chân mang giầy cao su.

Làm việc dưới điện áp cần hết sức chú ý tránh va chạm với các vật xung quanh : tường, ống, thanh ngang... vì những va chạm đó sẽ tạo nên dòng điện đi qua người, tất nhiên cũng không nên tiếp xúc với những người đứng dưới đất hay trên nền nhà.

11.4. TỔ CHỨC VẬN HÀNH AN TOÀN

Qua kinh nghiệm cho thấy, tất cả các trường hợp để xảy ra tai nạn vì điện giật nguyên nhân chính không phải là do thiết bị không hoàn chỉnh, cũng không phải do phương tiện bảo vệ an toàn chưa đảm bảo mà chính là do vận hành sai quy trình, trình độ vận hành non kém, sức khoẻ không đảm bảo. Để vận hành an toàn cần phải thường xuyên kiểm tra sửa chữa thiết bị, chọn cán bộ kĩ lưỡng, mở các lớp huấn luyện về chuyên môn, phân công trực đầy đủ...

11.4.1. Kế hoạch kiểm tra và tu sửa

Muốn thiết bị được an toàn đối với người làm việc và những người xung quanh cần tu sửa chúng luôn theo kế hoạch đã định. Khi sửa chữa phải theo đúng quy trình vận hành. Ngoài các công việc làm theo chu kì cần có trực ban với nhiệm vụ thường xuyên xem xét. Các kết quả kiểm tra cần ghi vào sổ trực và trên cơ sở đấy mà đặt kế hoạch tu sửa.

11.4.2. Chọn cán bộ

Người cán bộ cần có thái độ làm việc cần cù cẩn thận, có kiến thức về chuyên môn tốt. Tuy nhiên hai điều kiện trên vẫn không thay thế được điều kiện sức khoẻ vì nếu mắt bị kém, tai điếc, thần kinh suy nhược sẽ làm mất khả năng phán đoán minh mẫn và là nguyên nhân của các sự cố quan trọng. Vì vậy sức khoẻ là điều kiện tối quan trọng và cũng tuỳ theo sức khoẻ mà sự phân phối công tác cho cán bộ có khác nhau.

Dưới chế độ của chúng ta những người làm công việc nặng nhọc đều được bồi dưỡng thích đáng, được chăm sóc chu đáo nên sức khoẻ ít bị giảm sút. Đấy chính là nguyên nhân vì sao dưới chế độ ta tai nạn lao động ngày càng giảm đi rõ rệt.

11.4.3. Huấn luyện

Công nhân, cán bộ đến nhận công tác phải qua thời kì huấn luyện về an toàn điện. Kĩ sư nhà máy có nhiệm vụ hướng dẫn, phổ biến cho họ biết các nguyên nhân xảy ra tai nạn, làm quen với thiết bị, giải thích về các nội quy...

Sau khi ôn xong phần lí thuyết, các công nhân cán bộ mới đến nhận việc được đi thực hành và kiểm tra tại chỗ làm việc. Phần đầu của khoá học là kiểm tra cách cấp cứu người bị tai nạn do điện gây nên. Sau đấy mới qua hội đồng nhà máy công nhận và xếp bậc. Người mới làm công tác trực ban trong thời gian đầu phải có trực ban cũ có kinh nghiệm kèm cặp.

Tất cả những người phục vụ ở thiết bị điện cao áp kể từ bậc II trở lên cần phải được kiểm tra về an toàn và cấp cứu mỗi năm một lần.

11.4.4. Thao tác thiết bị

Thứ tự thao tác thiết bị không đúng trong khi đóng cắt mạch điện là nguyên nhân của sự cố nghiêm trọng và tai nạn nguy hiểm cho người vận hành. Để tránh tình trạng trên quy trình vận hành thiết bị quy định như sau :

Người trực ban phải luôn luôn có sơ đồ nối dây điện của các đường dây. Trong sơ đồ này vẽ tình trạng thực của các thiết bị điện và những điểm có nối đất. Người trực ban chỉ có thể thao tác theo mệnh lệnh, trừ các trường hợp xảy ra tai nạn mới có quyền tự động thao tác rồi báo cáo sau.

Khi có nhiều người trực ban, sự thao tác phải do hai người đảm nhiệm, một người bậc III, một người bậc IV.

Sau khi nhận mệnh lệnh thao tác, trực ban phải ghi vào sổ và làm phiếu thao tác, cần chú ý đặc biệt đến trình tự thao tác. Mẫu phiếu thao tác ghi dưới đây :

Phiếu thao tác

Số ....

Ngày ....   Thời gian bắt đầu...............................

Thời gian kết thúc..............................

Nhiệm vụ : Cắt điện và nối đất đường dây số 2–110kV.

Trình tự thao tác :

1. Cắt máy cắt điện số :..............
2. Kiểm tra trạng thái cắt của máy cắt điện.
3. Kiểm tra cách điện của dao cách li đường dây.
4. Cắt dao cách li đường dây.
5. Đóng dao nối đất của đường dây.
6. Cắt dao cách li thanh góp của hệ thống thanh góp...

Người thao tác   *Người duyệt*

Kí tên   Kí tên

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Cần làm gì để bảo vệ khỏi nguy hiểm khi tiếp xúc bất ngờ với vật dẫn điện ?
2. Có những phương tiện và dụng cụ nào cần thiết cho an toàn điện ?
3. Trình bày cách tổ chức vận hành an toàn điện.

MỤC LỤC

Chịu trách nhiệm xuất bản :
Chủ tịch HĐQT kiêm Tổng Giám đốc NGÔ TRẦN ÁI
Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập NGUYỄN QUÝ THAO

Biên tập lần đầu và tái bản :
DƯƠNG VĂN BẰNG

Trình bày bìa :
BÙI QUANG TUẤN

Sửa bản in :
DƯƠNG VĂN BẰNG

Chế bản :
NGUYỄN MINH CHÂU

GIÁO TRÌNH AN TOÀN ĐIỆN

Mã số: 7K550T7 - DAI

In 2.000 bản, khổ 16 x 24 cm, tại Xí nghiệp in Hà Tây.
Số in: 708/DAI; Số XB: 11-2007/CXB/293-2119/GD.
In xong và nộp lưu chiểu tháng 1 năm 2007.



CÔNG TY CỔ PHẦN SÁCH ĐẠI HỌC - DẠY NGHỀ
HEVOBCO
25 HÀN THUYÊN – HÀ NỘI
Website : www.hevobco.com.vn





Giá : 10.800 đ